

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ**

ΨΑΡΟΜΜΑΤΗ ΣΤΑΜΑΤΙΚΗ (Α.Μ. 888)

Επιβλέπων καθηγητής: **ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ

ABSTRACT

This project was written to determine digital camera sensors and sensor systems. Terminology related to sensors and their characteristics is also discussed.

More specifically, the sensor technology is studied as well as the factors that have an impact on the quality of a sensor. In addition, the various kinds of sensors are mentioned and are compared.

Second, the operation of the sensor is described.

A reference is made to the conversion of the analogue signal to digital signal and to the creation of colour.

Special emphasis is put on the resolution of the sensor and its relation to the quality of the picture and the possibilities there are to process the picture.

Finally, new sensor technology used in modern digital cameras is mentioned.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΩΤΗ ΕΝΟΤΗΤΑ.....	4
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	4
ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	4
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	5
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	6
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	7
ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	10
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	13

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	19
ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	22
Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΣΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ.....	22
ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	22
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	23
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ.....	26
ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	28
ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	29
ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	30
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	31
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ CCD.....	32
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ CMOS.....	34
ΣΥΓΚΡΙΣΗ CCD – CMOS.....	35
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	37
ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ-ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ (ADC).....	40
ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	40
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΥΡΟΣ.....	45
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	46
ΜΕΓΑΡΙΧΕLS.....	48
Η ΜΑΧΗ ΤΩΝ ΜΕΓΑΡΙΧΕLS.....	64
ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	65

1^η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι αισθητήρες μπορούν να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές, αλλά όποια και να είναι η μορφή τους επιτελούν όλοι την ίδια βασική λειτουργία, που είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μίας διέγερσης και η παραγωγή μίας μετρήσιμης εξόδου. Υπάρχουν διαφορετικές μορφές αισθητήρων, σχεδιασμένες για να μετρούν διάφορες φυσικές παραμέτρους. Ανάμεσα στις φυσικές ποσότητες που συναντώνται συχνά και απαιτούν μέτρηση είναι η θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, στάθμη υγρού, δύναμη, πίεση, προσέγγιση και θερμοκρασία.

Η ανάγκη μέτρησης των φυσικών παραμέτρων καθορίζεται από τις ειδικές ανάγκες της βιομηχανίας ή της εφαρμογής, όπου χρησιμοποιούνται. Η ακριβής επιλογή ενός αισθητήρα εξαρτάται από τη φύση των παραμέτρων που πρέπει να μετρηθούν και άλλους παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η αξιοπιστία και η ποιότητα της απαιτούμενης πληροφορίας. Άλλοι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν την καταλληλότητα της μορφής του αισθητήρα, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο συγκεκριμένο περιβάλλον, και την ανάγκη αξιοποίησης της παρεχόμενης πληροφορίας άμεσα, μετά από κάποιο χρόνο ή σε κάποια άλλη θέση. Για παράδειγμα ένας αισθητήρας θερμοκρασίας οικιακής χρήσης θα έχει διαφορετική μορφή από έναν αισθητήρα που χρησιμοποιείται σε μία χημική βιομηχανία. Ο τελευταίος μπορεί να είναι απροσπέλαστος, να υπόκειται σε υψηλές θερμοκρασίες και πίεσης, ή να ευρίσκεται σε ένα ισχυρά διαβρωτικό περιβάλλον.

ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Οι αισθητήρες ανιχνεύουν διάφορες φυσικές παραμέτρους, και η αξιοποίηση αυτών των παραμέτρων από εμάς καθιστά τους αισθητήρες πολύτιμους. Υπάρχουν δύο ξεχωριστές περιοχές όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία αισθητήρων : η *συλλογή πληροφορίας* και ο *έλεγχος συστημάτων*.

Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφορίας παρέχουν δεδομένα με σκοπό την παρουσίαση (γνωστοποίηση) τους, έτσι ώστε να είναι διαρκώς κατανοητή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων ενός συστήματος, όπως είναι για παράδειγμα ο ανιχνευτής ταχύτητας και το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν και να παρέχουν μία εικόνα της εξέλιξης των παραμέτρων του συστήματος, όπως είναι ο ταχογράφος που χρησιμοποιείται στα φορτηγά, ο οποίος καταγράφει την χρονική εξέλιξη της ταχύτητας.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου δε διαφέρουν συνήθως από αυτούς που χρησιμοποιούνται για συλλογή πληροφορίας, αλλά αυτό που διαφέρει είναι ο τρόπος αξιοποίησης αυτής της πληροφορίας. Σε ένα σύστημα ελέγχου το σήμα από τον αισθητήρα

τροφοδοτεί έναν ελεγκτή, ο οποίος παράγει μία έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η τεχνολογία έχει προοδεύσει ραγδαία κατά τα τελευταία χρόνια, πέρα από τις προσδοκίες των περισσότερων μηχανικών και επιστημόνων. Οι περίπλοκες συσκευές που βρίσκονται σήμερα στους χώρους δουλειάς, στο σπίτι και άλλα περιβάλλοντα, περιλαμβάνουν τεχνολογίες που μόλις πριν από δέκα χρόνια αποτελούσαν εργαστηριακές εφευρέσεις.

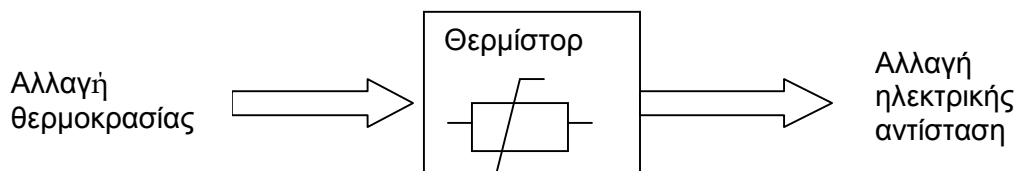
Το κύριο αίτιο για την ύπαρξη και διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού είναι η εξέλιξη των υπολογιστών και μικροεπεξεργαστών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ευέλικτοι, περίπλοκοι, και παρ' όλα αυτά χαμηλού κόστους ελεγκτές. Εντούτοις, η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωχή, και πιθανόν αδύνατη, εάν τα προγράμματα υπολογιστή που λαμβάνουν αποφάσεις δεν τροφοδοτούνταν από κατάλληλη, σύγχρονη και υψηλού επιπέδου πληροφορία για την κατάσταση του εξωτερικού συστήματος. Εφόσον αυτή η πληροφορία συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει την κατάλληλη μορφή, και στη συνέχεια παρέχεται στο σύστημα υπολογιστή, όπου εκεί αξιοποιείται και δημιουργεί μία κατάλληλη απόκριση. Όλα τα στοιχεία μίας διάταξης αισθητήρα θα πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης, που να ταιριάζει με την ποιότητα που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή. Εάν ένα στοιχείο είναι κατώτερο των προδιαγραφών, τότε η όλη διαδικασία υποβαθμίζεται.

Οι αισθητήρες έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη. Αυτό δημιουργεί την απαίτηση οι τεχνικοί και μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από έναν κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Οι αισθητήρες και τα συστήματα αισθητήρων μπορεί να είναι μηχανικά, ηλεκτρικά ή και τα δύο μαζί. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς τομείς, βιομηχανικούς, δημόσιους, στρατιωτικούς και οικιακούς. Εκτελούν εργασίες όπως είναι ο έλεγχος των διαστάσεων ενός αντικειμένου σε μία γραμμή παραγωγής, ο έλεγχος στάθμης του νερού στο οικιακό πλυντήριο, η απεικόνιση της ταχύτητας ενός αυτοκινήτου και άλλες. Επειδή η φύση και οι εφαρμογές των αισθητήρων καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο, είναι σημαντικό να ορίσουμε τι είναι ένας αισθητήρας και να εισάγουμε την ακριβή σημασία της σχετικής ορολογίας.

Ένας αισθητήρας είναι μία συσκευή που ανιχνεύει ένα σήμα ή μία διέγερση και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Στο σχήμα 1 φαίνεται ένα παράδειγμα αισθητήρα. Το θερμίστορ παράγει μία έξοδο, που είναι η αλλαγή κάποιας ηλεκτρικής αντίστασης. Πολλοί αισθητήρες παράγουν ηλεκτρικές εξόδους, που δε σχετίζονται με τη φυσική ποσότητα που μετρείται μέσω της τιμής μίας αντίστασης, αλλά μέσω κάποιας τάσης, ρεύματος ή συχνότητας.



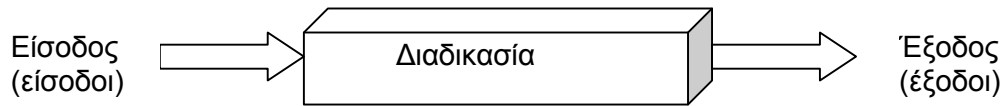
Σχήμα 1. Παράδειγμα αισθητήρα

Οι έξοδοι των αισθητήρων έχουν πολλές και διαφορετικές μορφές. Οι έξοδοι θα πρέπει να είναι σε μία μορφή κατάλληλη για να παρουσιαστούν από το σύστημα.

Οι όροι *αισθητήρας* (*sensor*) και *μετατροπέας* (*transducer*) έχουν παρόμοια, αλλά ελαφρά διαφορετική σημασία. Ένας αισθητήρας είναι (συνήθως) μετατροπέας, αλλά δεν είναι όλοι οι μετατροπείς οπωσδήποτε αισθητήρες.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Ένα βασικό σύστημα αισθητήρα είναι ένα σύστημα που παράγει μία ποσοτική έξοδο από μία είσοδο διαφορετικής μορφής, με τη βοήθεια κάποιας διαδικασίας. Στο σχήμα 2 το διάγραμμα απεικονίζεται ένα βασικό σύστημα.

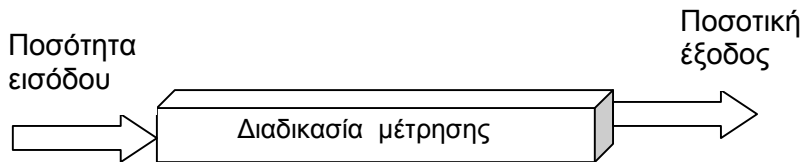


Σχήμα 2. Βασικό σύστημα αισθητήρα

Μπορούμε να κατατάξουμε τις εφαρμογές των αισθητήρων σε τρεις κατηγορίες συστημάτων. Αυτές είναι τα συστήματα μέτρησης, τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου και τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου.

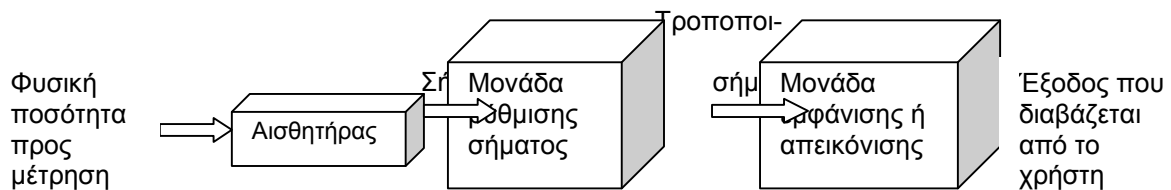
Συστήματα μέτρησης

Ένα σύστημα μέτρησης εμφανίζει ή καταγράφει μία ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί στη μεταβλητή που μετρά, η οποία αποτελεί την ποσότητα εισόδου. Τα συστήματα μέτρησης δεν αντιδρούν στην τιμή της ποσότητας εισόδου, παρά μόνο την εμφανίζουν με έναν τρόπο που είναι κατανοητός από το χρήστη. Το σχήμα 3 εικονίζει το βασικό διάγραμμα ενός συστήματος μέτρησης.



Σχήμα 3. Σύστημα μέτρησης

Η διαδικασία της μέτρησης μπορεί συνήθως να διακριθεί σε επιμέρους στάδια όπως φαίνεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Λειτουργικά στοιχεία ενός συστήματος μέτρησης

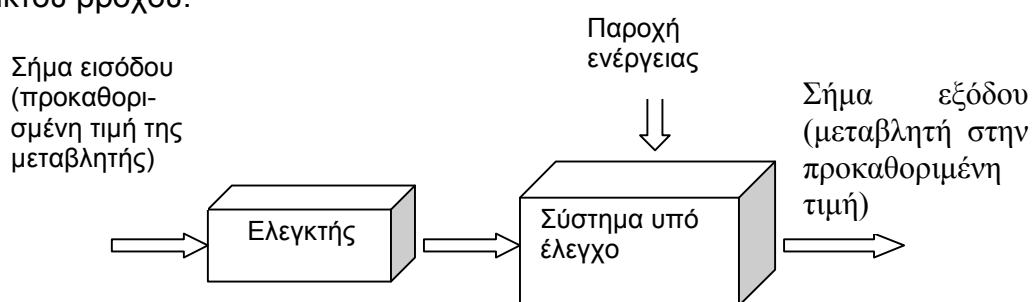
Στο σχήμα 4 ο αισθητήρας μετατρέπει τη φυσική ποσότητα που μετριέται σε ένα σήμα που μπορεί, μετά από τροποποίηση, να εμφανιστεί στο χρήστη σε κατανοητή μορφή. Η μονάδα ρύθμισης του σήματος τροποποιεί το σήμα που δημιουργεί ο αισθητήρας σε ένα σήμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη μονάδα εμφάνισης ή καταγραφής. Εάν αυτό είναι π.χ.

μία ηλεκτρική τάση, τότε αυτή θα πρέπει ίσως να ενισχυθεί, και εάν είναι μια μηχανική κίνηση, τότε θα πρέπει ίσως να μετατραπεί σε μία μεγαλύτερη ή διαφορετική κίνηση. Μπορεί ακόμα να είναι μία σειρά παλμών φωτός, η οποία θα πρέπει να μετατραπεί σε μία σειρά ηλεκτρικών παλμών. Μετά την τροποποίηση, το σήμα εμφανίζεται στο χρήστη ή αποθηκεύεται για μεταγενέστερη χρήση από μία μονάδα καταγραφής. Υπάρχουν πολλά είδη μονάδων εμφάνισης και καταγραφής που δείχνουν την ποσότητα που μετρείται και αρκετές μέθοδοι που εμφανίζουν αυτήν την ποσότητα.

Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου

Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου έχουν σκοπό τη διατήρηση μίας μεταβλητής σε κάποια προκαθορισμένη τιμή. Τα συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν συστήματα μέτρησης, αλλά σε αντίθεση με ένα σύστημα μέτρησης, η έξοδος ενός συστήματος ελέγχου ρυθμίζει κάποια παράμετρος, η τιμή της οποίας δεν εμφανίζεται οπωσδήποτε στο χρήστη.

Το σχήμα 5 εικονίζει το διάγραμμα ροής ενός συστήματος ελέγχου ανοικτού βρόχου.



Σχήμα 5. Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου

Η βάση ενός τέτοιου συστήματος είναι ότι αυτό ελέγχεται από ένα σήμα που έχει προκαθορισμένη τιμή. Αυτή η προκαθορισμένη τιμή θεωρεί ότι ο απαιτούμενος έλεγχος μπορεί να πραγματοποιείται χωρίς να μετρείται η επίδραση της εξόδου του συστήματος στην παράμετρο που πρέπει να ελέγχεται. Η προκαθορισμένη τιμή δεν θα αλλάξει, ακόμα και αν άλλοι παράγοντες αλλάξουν, και επομένως καταστήσουν την έξοδο του συστήματος ανακριβή.

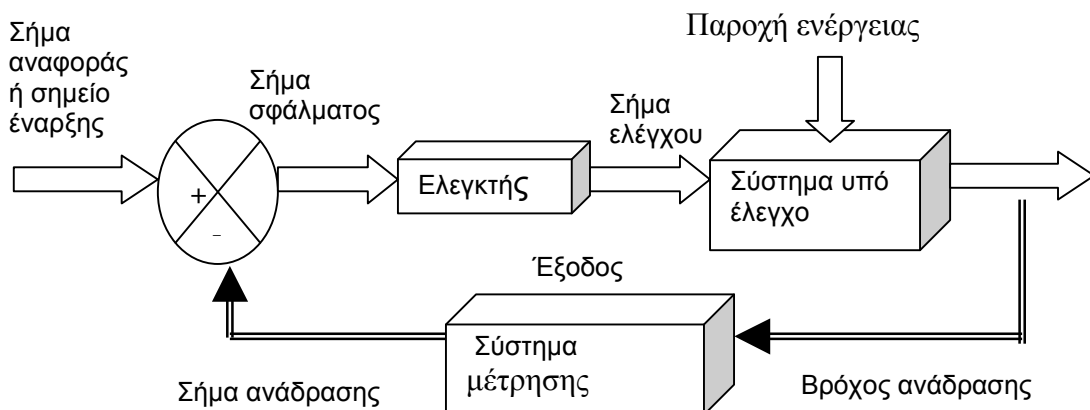
Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου είναι γενικά απλά στη σχεδίαση και οικονομικά στην κατασκευή. Εντούτοις μπορεί να είναι μη αποδοτικά και να απαιτούν τη συχνή παρέμβαση του χειριστή. Κάτω από διάφορες συνθήκες οι προκαθορισμένες τιμές αποδεικνύονται ανεπαρκείς

επειδή η παράμετρος που ελέγχουν κατά κάποιο τρόπο αλλάζει, και τότε πρέπει να ρυθμίζονται εκ νέου. Η προκαθορισμένη τιμή απαιτεί υψηλό επίπεδο ικανότητας και κρίσης για να έχει κάθε φορά την ενδεδειγμένη τιμή.

Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου

Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου η κατάσταση της εξόδου επηρεάζει άμεσα την κατάσταση εισόδου. Ένα τέτοιο σύστημα μετρά την τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου στην έξοδο του συστήματος και τη συγκρίνει με την επιθυμητή τιμή. Η διαφορά αυτών των τιμών ονομάζεται *σφάλμα (error)*.

Στο σχήμα 6 φαίνεται το διάγραμμα ροής ενός συστήματος κλειστού βρόχου, η επιθυμητή τιμή ονομάζεται σήμα αναφοράς (reference signal) ή σημείο έναρξης (set point). Αυτή συγκρίνεται με το σήμα από τη μέτρησης, που ονομάζεται σήμα ανάδρασης (feedback signal). Η διαφορά ανάμεσα στο σήμα ανάδρασης και το σήμα αναφοράς είναι το σήμα σφάλματος (error signal). Το σήμα σφάλματος στη συνέχεια τροποποιείται έτσι ώστε να ρυθμίζεται η απόδοση του συστήματος. Για παράδειγμα, εάν το σήμα σφάλματος είναι ένα ηλεκτρικό σήμα, μπορεί να χρειάζεται ενίσχυση. Το τροποποιημένο σήμα σφάλματος ονομάζεται σήμα ελέγχου (control signal). Το σήμα ελέγχου στη συνέχεια ρυθμίζει την έξοδο του συστήματος, έτσι ώστε το σήμα ανάδρασης να πλησιάσει την τιμή του σήματος αναφοράς. Τότε το σήμα σφάλματος θα μειωθεί στο μηδέν και έτσι θα επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή.



Σχήμα 6. Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου

Τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου ρυθμίζονται από μόνα τους και επομένως είναι λιγότερο επιρρεπή σε σφάλματα από τα συστήματα ανοικτού βρόχου. Είναι γενικά πιο αποδοτικά και απαιτούν λιγότερη εξωτερική παρέμβαση από κάποιο χειριστή. Το κόστος όμως, εγκατάστασης μπορεί να είναι υψηλό και είναι εν γένει πολύπλοκο.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Μερικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα μέτρησης και ελέγχου ορίζονται παρακάτω :

Απόλυτες μετρήσεις

Η απόλυτη μέτρηση (absolute measurement), χρησιμοποιεί κλίμακες μέτρησης που βασίζονται στις βασικές μονάδες ενός συστήματος. Σχετίζεται με την κατάσταση, στην οποία ένα σύστημα δεν περιέχει καμία από τις μεταβλητές που μετρούνται. Η έννοια αυτή ευρίσκεται σε αντίθεση με την έννοια των αυθαίρετων κλιμάκων (arbitrary scales), στις οποίες οι τιμές αναφέρονται σε μία προκαθορισμένη αριθμητική τιμή.

Ρυθμισμένο σήμα

Ένα ρυθμισμένο σήμα (conditioned signal) είναι η έξοδος ενός αισθητήρα, η οποία έχει υποστεί κατάλληλη τροποποίηση ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητή από μία συσκευή απεικόνισης ή καταγραφής, μία συσκευή ελέγχου ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή.

Έλεγχος

Αναφορικά με το σύστημα μέτρησης, έλεγχος είναι ο χειρισμός ή η λειτουργία ενός συστήματος ή μίας συσκευής.

Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ)

Ηλεκτρεγερτική δύναμη (electromotive force, EMF) ονομάζεται η πηγή ενέργειας που προκαλεί τη ροή ρεύματος σε μία ηλεκτρική συσκευή ή σε ένα

ηλεκτρικό κύκλωμα. Αποτελεί το ρυθμό με τον οποίο λαμβάνεται η ενέργεια από αυτήν τη συσκευή όταν ρέει ρεύμα. Η ΗΕΔ μετριέται με volt.

Ολοκληρωμένο κύκλωμα

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (integrated circuit, IC) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που κατασκευάζεται επάνω σε ένα δισκίδιο (wafer) κάποιου ημιαγωγού υλικού, το οποίο δε μπορεί να διαχωριστεί σε επιμέρους τμήματα.

Ηλεκτρικός θόρυβος

Ηλεκτρικός θόρυβος ονομάζεται η παρουσία ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων. Αυτά μπορούν να αποκρύψουν ή να αλλοιώσουν το σήμα το οποίο μεταφέρει χρήσιμη πληροφορία, όπως είναι η έξοδος ενός αισθητήρα ή το σήμα σφάλματος.

Παράμετρος

Παράμετρος ονομάζεται μία μεταβλητή ποσότητα με καθορισμένα όρια.

Ακροδέκτης μέτρησης

Ακροδέκτης μέτρησης (probe) ονομάζεται μία συσκευή, η οποία ενώνει έναν αισθητήρα ή οθόνη εμφάνισης με τη μετρούμενη ποσότητα ή ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ημιαγωγός

Οι ημιαγωγοί είναι κατηγορία στερεών σωμάτων με μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα. Λέγοντας ηλεκτρική αγωγιμότητα εννοούμε τη δυνατότητα διέλευσης ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο σώμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των ημιαγωγών είναι ενδιάμεση μεταξύ των μετάλλων και των μονωτών.

Μονάδες Διεθνούς Συστήματος

Οι μονάδες διεθνούς συστήματος είναι οι θεμελιώδεις μονάδες μετρήσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκόσμια μετά από διεθνή συμφωνία, για να διασφαλίζεται η επιστημονική και τεχνική συμβατότητα. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (System Internationale d' Unites, ή αλλιώς SI) χρησιμοποιεί τις μονάδες καθαυτές, καθώς και γινόμενα και πηλικά αυτών.

Προδιαγραφές

Οι προδιαγραφές (specifications) μίας συσκευής είναι η τεχνική περιγραφή των χαρακτηριστικών, της κατασκευής και της απόδοσής της, καθώς και κάθε άλλης σχετικής πληροφορίας.

Μεταβλητή

Στο πεδίο των αισθητήρων και των συστημάτων μέτρησης, ως μεταβλητή (variable) μπορεί να θεωρηθεί οτιδήποτε, συνήθως μία φυσική ή μία μετρούμενη ποσότητα, που μπορεί να λάβει διαφορετικές τιμές.

Φωτόνιο

Φωτόνιο σύμφωνα με την κβαντική θεωρία του φωτός είναι η φωτεινή ενέργεια, που ακτινοβολείται από ένα σώμα, δεν εκπέμπεται κατά συνεχή τρόπο, αλλά με τη μορφή αυτοτελών ποσών που είναι ανάλογα με τη συχνότητα του εκπεμπόμενου φωτός. Αυτά τα αυτοτελή ποσά φωτεινής ενέργειας είναι τα φωτόνια.

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι το φαινόμενο αλληλεπίδρασης μεταξύ ακτινοβολίας και ύλης, το οποίο χαρακτηρίζεται από απορρόφηση φωτονίων και την απελευθέρωση ηλεκτρονίων. Όταν μια ακτινοβολία πέφτει στην επιφάνεια ενός σώματος, τότε η φωτεινή ενέργεια της ακτινοβολίας (δηλαδή τα αυτοτελή ποσά, τα φωτόνια), απορροφάται. Βέβαια, η φωτεινή ενέργεια, που απορροφάται, μετατρέπεται σε άλλη μορφή ενέργειας. Μετατρέπεται σε ηλεκτρική, αφού απελευθερώνονται ηλεκτρόνια, τα οποία δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα. Κάτω από μια τιμή συχνότητας δεν εκπέμπεται κανένα ηλεκτρόνιο, όποια και αν είναι η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Ένα φωτόνιο προκαλεί το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο μόνο εάν η ενέργεια του είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια, που απαιτείται για την εξαγωγή ενός ηλεκτρονίου από το στερεό σώμα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η επιλογή κάποιου αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης ή ελέγχου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Όταν επιλέγουμε έναν αισθητήρα είναι σημαντικό να προσαρμόζονται τα χαρακτηριστικά του στην ποιότητα της εξόδου που απαιτούμε να λαμβάνουμε.

Τα χαρακτηριστικά που ακολουθούν μπορούν να εφαρμόζονται στο όλο σύστημα μέτρησης και σε όλα τα επιμέρους τμήματα ενός συστήματος μέτρησης, περιλαμβάνοντας τον αισθητήρα, τη μονάδα ρύθμισης του σήματος και τη συσκευή εμφάνισης ή καταγραφής. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι να τα εκφράσουμε αλλά συνήθως αναφέρονται ως ποσοστά ή ως μέγιστη ή ελάχιστη τιμή, ανάλογα με τη μορφή του συστήματος, τη μετρούμενη ποσότητα και την επιθυμία του κατασκευαστή.

Ακρίβεια

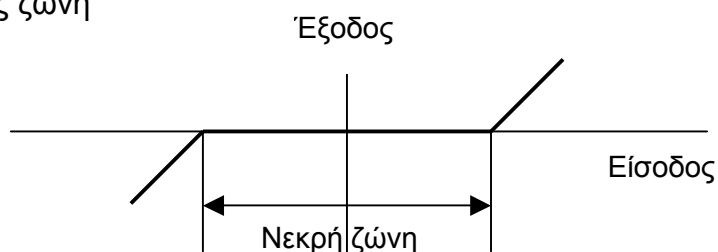
Η ακρίβεια (accuracy) μίας συσκευής ή ενός συστήματος είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη, ή αλλιώς το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα, είναι η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη μετρούμενη τιμή. Στην πράξη, κάθε συσκευή παράγει κάποιο σφάλμα, οσοδήποτε μικρό, και έχει κάποιον πεπερασμένο βαθμό ακρίβειας. Αυτή μπορεί να εκφραστεί ως προς τις μονάδες της μετρούμενης ποσότητας. Η ακρίβεια μπορεί να εκφραστεί ως το επί τοις εκατό (%) σφάλμα ως προς το εύρος μέτρησης της συσκευής.

Βαθμονόμηση

Η έννοια της βαθμονόμησης (calibration) μίας συσκευής αναφέρεται στις μονάδες στις οποίες βαθμολογείται η κλίμακα εμφάνισης ή καταγραφής ενός οργάνου.

Νεκρή ζώνη

Όταν οι προδιαγραφές αναφέρονται σε μία νεκρή ζώνη (dead-zone, dead-band), αυτή δηλώνει το μέγιστο ποσό αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο, ή αλλιώς το εύρος τιμών εισόδου που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο. Οι νεκρές ζώνες προκύπτουν λόγω στατικής τριβής ή υστέρησης. Το σχήμα 7 δείχνει τα χαρακτηριστικά μίας νεκρής ζώνης



Σχήμα 7. Νεκρή ζώνη

Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ' όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Διαστάσεις

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα ή συστήματος μέτρησης είναι το μέτρο του φυσικού του μεγέθους και αναγράφονται σχεδόν πάντοτε στις προδιαγραφές του .

Ολίσθηση

Ολίσθηση (drift) ονομάζεται η φυσική τάση μίας συσκευής ή συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με το χρόνο και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών. Εμφανίζεται τότε μεταβολή στην έξοδο που παρέχει το σύστημα, ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη, και έτσι επηρεάζεται η ακρίβεια. Η ολίσθηση πραγματοποιείται σε διάφορες χρονικές κλίμακες και για διάφορους λόγους. Ένα από τα πιο συνηθισμένα αλλά και σημαντικά αίτια ολίσθησης είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό στις προδιαγραφές των αισθητήρων αναφέρεται η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα χαρακτηριστικά της συσκευής. Σε μία παλαιότερη συσκευή μπορεί να εμφανιστεί επιπρόσθετη ολίσθηση λόγω γήρανσης των υλικών κατασκευής, όπως είναι η οξειδωση

κάποιων μεταλλικών μερών της. Ολίσθηση μπορεί επίσης να προκληθεί από μηχανική διάβρωση ή ιδιοθέρμανση κάποιων τμημάτων της συσκευής.

Σφάλμα

Το σφάλμα ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μίας ποσότητας. Τα σφάλματα μπορούν συχνά να εκφράζονται επί τοις εκατό (%), οπότε τότε αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος.

Υστέρηση

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής. Τα συστήματα μέτρησης που είναι πιθανό να εμφανίσουν υστέρηση πρέπει να περιέχουν μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν και άλλα κινητά μέρη, τα οποία να τείνουν να είναι ελαστικά, όπως είναι το λάστιχο, τα πλαστικά και κάποια μέταλλα.

Καθυστέρηση

Καθυστέρηση (lag) ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετριέται σε δευτερόλεπτα (ή συνηθέστερα σε κλάσματα του δευτερολέπτου). Σε μερικές εφαρμογές, όπως είναι ο έλεγχος, η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάζει αποφασιστικά την απόδοση.

Γραμμικότητα

Η γραμμικότητα (linearity) ενός αισθητήρα αποτελεί το βαθμό, στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου. Επίσης, η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή, σε όλο το εύρος τιμών εισόδου, και τότε αναφέρεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας.

Χρόνος λειτουργίας

Ο ωφέλιμος χρόνος λειτουργίας (operating life) ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου, κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.

Επαναληψιμότητα

Η επαναληψιμότητα μίας συσκευής είναι ο βαθμός στον οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, τροφοδοτείται με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στα αγγλικά αποδίδεται με τη λέξη precision, η οποία συχνά συγχέεται με την καθημερινή έννοια της ακρίβειας (accuracy). Εντούτοις, στην ορολογία των συστημάτων μέτρησης, ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μία συγκεκριμένη είσοδο, αλλά, εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο, τότε η έξοδος δεν είναι ακριβής. Στις προδιαγραφές των συσκευών η επαναληψιμότητα ορίζεται με γενικούς όρους (όπως ότι το όργανο διαθέτει υψηλή ακρίβεια, high-precision), αλλά και με τους ειδικούς όρους repeatability και reproducibility. Η επαναληψιμότητα εκφράζεται ως ένα (\pm) μέγιστο ποσοστό επί της ένδειξης, ή ως τα όρια ακρίβειας (\pm) κάθε ένδειξης.

Εύρος

Το εύρος λειτουργίας (operating range) μίας συσκευής ισούται με τα όρια, στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους που αναγράφονται συχνά στις προδιαγραφές είναι το θερμοκρασιακό εύρος, δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να λειτουργεί ο αισθητήρας. Συχνά αναφέρονται επίσης το εύρος τιμών πίεσης και το εύρος τιμών υγρασίας. Είναι σημαντικό ο αισθητήρας να εμπίπτει στο εύρος λειτουργίας που καθορίζεται, ώστε όχι μόνο να εκτελεί σωστές

μετρήσεις, αλλά και για να μην καταστραφούν ή αλλοιωθούν κάποια ευαίσθητα τμήματά του.

Ονομαστική τιμή

Η ονομαστική τιμή (rating) μίας συσκευής αποτελεί το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών, ηλεκτρικών, μηχανικών κ. ά. υπό τις οποίες αυτή θα λειτουργεί με επιτυχία και ασφάλεια. Συνήθως δίνεται μία περιγραφή των ονομαστικών τιμών, όπως είναι η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας και η μέση τιμή φόρτισης.

Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία (reliability) μίας συσκευής είναι συγγενής έννοια με το χρόνο λειτουργίας της και συχνά μπορεί να αναφέρεται αντί για αυτόν, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Η αξιοπιστία είναι η ικανότητα της συσκευής να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μία δεδομένη χρονική περίοδο ή ένα δεδομένο αριθμό κύκλων λειτουργίας, παραμένοντας πάντοτε στα πλαίσια των προδιαγραφών.

Απόκριση

Η απόκριση (response) μίας συσκευής ισούται με το χρόνο που απαιτεί για να λάβει την τελική τιμή εξόδου της για μία δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου, ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου. Για παράδειγμα, εάν οι προδιαγραφές ορίζουν ότι ο χρόνος απόκρισης 95% είναι 3 sec, αυτό σημαίνει ότι η συσκευή χρειάζεται 3 sec για να λάβει η έξοδος της το 95% της τελικής τιμής.

Διακριτική ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα (resolution) με την οποία μία συσκευή ή ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μία τιμή, αναφέρεται στην μικρότερη είσοδο ή αλλαγή εισόδου που μπορεί αυτός να ανιχνεύσει. Εκφράζεται συνήθως ως προς το μικρότερο διάστημα που μπορεί να ανιχνευθεί ή μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα ενός ενδείκτη, τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.

Ευαισθησία

Η ευαισθησία (sensitivity) εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με τη διαφορά των τιμών εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών της εισόδου, δηλαδή της μετρούμενης ποσότητας. Άρα είναι :

$$\text{Ευαισθησία} = \frac{\text{μέγιστη τιμή εξόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εξόδου}}{\text{μέγιστη τιμή εισόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εισόδου}}$$

Οι μονάδες στις οποίες μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν, ανάλογα με τη φύση του αισθητήρα και τη μετρούμενη ποσότητα.

Ευστάθεια

Η ευστάθεια (stability) αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μίας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά, κατά τη διάρκεια μίας μεγάλης χρονικής περιόδου.

Στατικό σφάλμα

Το στατικό σφάλμα (static error) είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μίας συσκευής. Εάν αυτό το σφάλμα είναι γνωστό, τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος.

Ανοχή

Η ανοχή (tolerance) μίας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια λειτουργίας της. Ανάλογα με τη φύση της συσκευής, μπορεί συχνά να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακρίβειας στις προδιαγραφές.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

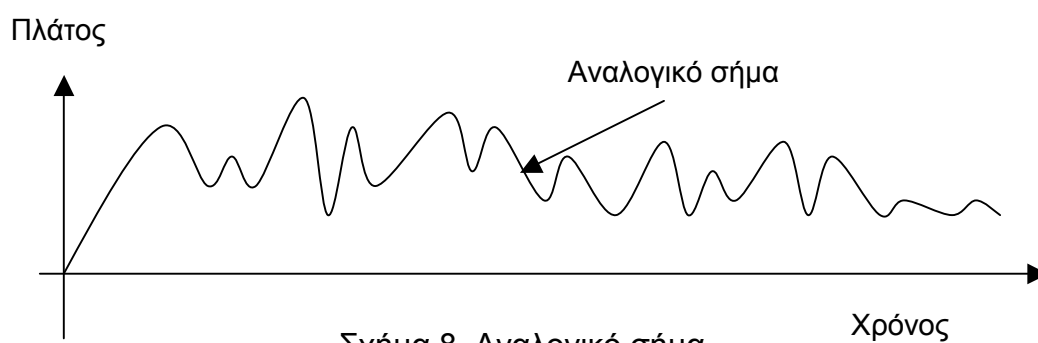
Το τελικό στοιχείο κάθε συστήματος μέτρησης είναι η συσκευή που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση (ή αλλιώς παρουσίαση) των μετρημένων τιμών ή την καταγραφή τους, ώστε ένα αντίγραφο τους να αποθηκευτεί και να μπορεί να αναλυθεί σε κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Πολλοί αισθητήρες, των οποίων η ένδειξη διαβάζεται τοπικά, εμφανίζουν άμεσα τις μετρούμενες τιμές, επειδή διαθέτουν έναν ενδείκτη (display), που συχνά αποδίδεται και με τον όρο οθόνη, εκ κατασκευής και έτσι δε χρειάζονται επιπλέον εξοπλισμό για την παρουσίαση των μετρήσεων. Οι περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές απαιτούν κάποια μορφή επιπρόσθετου ενδείκτη ή καταγραφικής συσκευής, όπως τα βολτόμετρα, τα αμπερόμετρα, οι παλμογράφοι, τα καταγραφικά όργανα και οι διατάξεις συλλογής δεδομένων. Όλες σχεδόν οι μετρούμενες ποσότητες μπορούν να παρασταθούν με τη μορφή ηλεκτρικών σημάτων επιλέγοντας έναν κατάλληλο μετατροπέα και ρυθμίζοντας το σήμα κατάλληλα.

Η συνολική ποιότητα της εξόδου ενός συστήματος μέτρησης καθορίζεται από το στοιχείο του που έχει τη χαμηλότερη ποιότητα. Εάν η ποιότητα αξιολογείται από το σφάλμα στην εμφανιζόμενη τιμή, τότε είναι το γινόμενο όλων των σφαλμάτων στα επιμέρους τμήματα του συστήματος. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιούμε έναν υψηλής ακρίβειας και ευαισθησίας διαφορικό μετασχηματιστή LVDT για να μετρούμε την μετατόπιση, αλλά να παρουσιάζουμε το αποτέλεσμα σε ένα βολτόμετρο, του οποίου η ακρίβεια και ευαισθησία είναι σημαντικά χαμηλότερες. Εδώ η συνολική έξοδος του συστήματος θα είναι όσο ακριβής και ευαίσθητη προβλέπουν οι προδιαγραφές του βολτομέτρου, περιλαμβάνοντας και το μικρό σφάλμα του LVDT. Επομένως είναι σημαντικό να επιλέξουμε έναν ενδείκτη ή μία συσκευή καταγραφής που να είναι συμβατά με το υπόλοιπο σύστημα και να παρέχουν έξοδο με ποιότητα αντίστοιχη αυτής που επιθυμεί ο χρήστης.

Η έξοδος των περισσότερων ηλεκτρικών συσκευών έχει τη μορφή ενός ηλεκτρικού σήματος. Η λέξη *σήμα* (*signal*) αποτελεί ένα γενικό όρο, που αναφέρεται σε κάτι που μεταφέρει πληροφορία, είτε αυτό είναι μία σειρά παλμών σε έναν υπολογιστή, είτε είναι ένα ραδιοσήμα, είτε μία ηλεκτρική τάση.

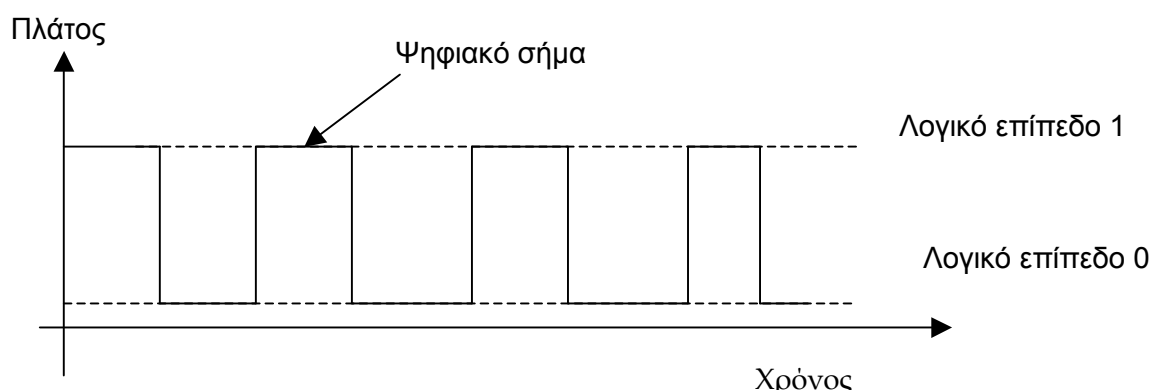
Στα συστήματα μέτρησης θα συναντήσουμε δύο τύπους σήματος, το αναλογικό (*analogue*) και το ψηφιακό (*digital*) σήμα. Αναλογικό ονομάζεται ένα σήμα όταν μεταβάλλεται χρονικά με τρόπο ανάλογο προς τη μετρούμενη ποσότητα. Ψηφιακό σήμα ονομάζεται η αναπαράσταση ενός αριθμού με μία σειρά διακριτών παλμών ή με την παρουσία και απουσία ενός σήματος σε κάποιες θέσεις.

Το πλάτος των ηλεκτρικών αναλογικών σημάτων μεταβάλλεται συνεχώς στο χρόνο, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8. Αναλογικό σήμα

Τα ηλεκτρικά ψηφιακά σήματα είναι συνήθως σε δυαδική μορφή στα συστήματα μετρήσεων, που σημαίνει ότι κάθε παλμός θα έχει κάποια τιμή τάσης μεταξύ δύο διαθέσιμων τιμών. Στο σχήμα 9 εικονίζεται ένα δυαδικό ψηφιακό σήμα, του οποίου το πλάτος αντιστοιχεί είτε στο λογικό επίπεδο 0 (χαμηλή τιμή τάσης) είτε στο λογικό επίπεδο 1 (υψηλή τιμή τάσης).



Σχήμα 9. Δυαδικό ψηφιακό σήμα

Υπάρχουν σήμερα πολλά είδη συσκευών που εκτελούν απεικόνιση και καταγραφή σημάτων, και διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, τιμές κόστους, και ακρίβεια. Μπορούν να διακριθούν στις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες:

1. Αναλογικοί ενδείκτες.
2. Ψηφιακοί ενδείκτες.

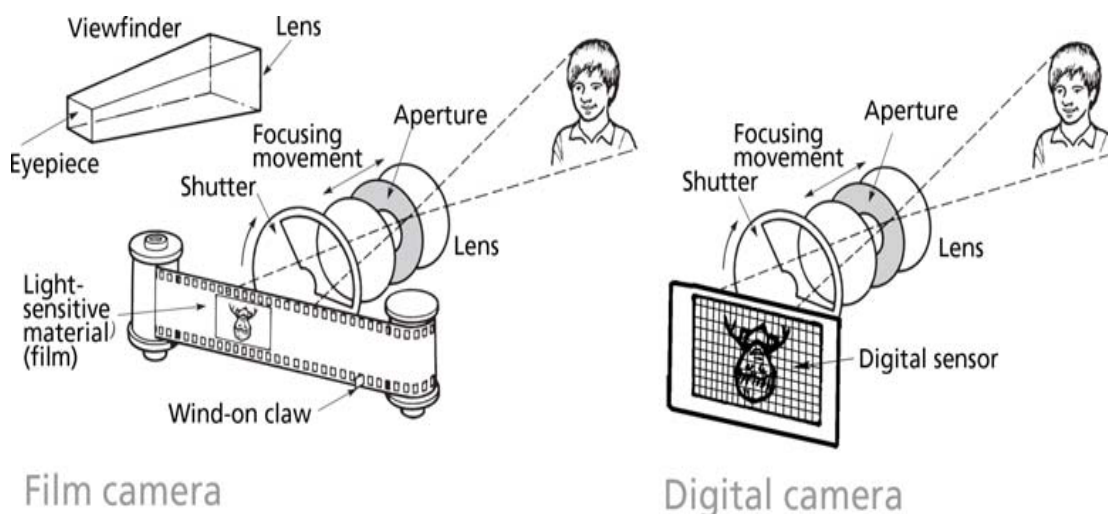
3. Μονάδες καταγραφής.
4. Υπολογιστές και διατάξεις συλλογής δεδομένων.

2^η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Για να καταλάβουμε πως μια ψηφιακή εικόνα μπορεί να αποτελείται από αριθμούς, ας δούμε πως το συμβατικό φιλμ αποτυπώνει μια εικόνα. Το συμβατικό φιλμ αποτελείται από δισεκατομμύρια κόκκους κρυστάλλων αργύρου. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι ένα φιλμ τόσο περισσότερους κόκκους έχει. Το φως που πέφτει επάνω στο φιλμ αλλάζει τη χημική δομή των κόκκων. Κάθε ένας από αυτούς περιέχει πληροφορίες για το φως που έπεσε επάνω του από την αρχική σκηνή με άλλα λόγια, έχει αποτυπώσει ένα μικροσκοπικό κομμάτι της αρχικής σκηνής. Μετά την επεξεργασία του, το φιλμ θα μας δείξει τη σκηνή που φωτογραφίσαμε. Το είδος της εικόνας που ένα συμβατικό φιλμ καταγράφει λέγεται αναλογική εικόνα. Μια αναλογική εικόνα αποτελείται από κομμάτια πληροφοριών τα οποία είναι όμοια ή ανάλογα με την αρχική πραγματική εικόνα. Η αναλογική τεχνολογία μιμείται τον πραγματικό κόσμο. Οι μικροσκοπικοί κρύσταλλοι αργύρου στο φιλμ μιμούνται, κατά κάποιον τρόπο τη δομή του φωτός που τους αντιστοιχεί από την αρχική εικόνα.



Σχήμα 10

Η ψηφιακή φωτογραφία είναι διαφορετική (σχήμα 10). Σ' αυτήν, οι λεπτομέρειες μιας εικόνας αποτυπώνονται ως αριθμοί. Μια εικόνα που έχει αποτυπωθεί σε μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή σε καμιά περίπτωση δε μοιάζει με την πραγματική εικόνα, όπως συμβαίνει με το πραγματικό φιλμ. Η ψηφιακή εικόνα είναι απλώς μια σειρά αριθμών. Πώς τότε η εικόνα που παίρνουμε μοιάζει με την αρχική; Αυτή είναι η δουλειά κάποιου υπολογιστή

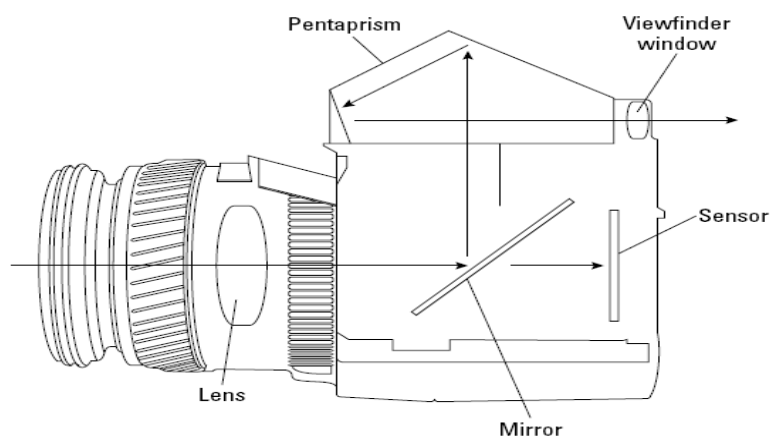
και του αντίστοιχου λογισμικού προγράμματος. Μεταφράζει τους αριθμούς σε πρότυπα φωτός και χρώματος.

ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η λέξη “φωτογραφία” ετυμολογικά παραπέμπει στη γραφή με φως. Σε οποιαδήποτε φωτογραφία, με οποιοδήποτε τεχνολογικό μέσο, χρειάζεται μια φωτεινή πηγή (είτε ο ήλιος, είτε μια λάμπα ή απλώς ένα κερί) για να φωτίσει το αντικείμενο. Κάποιες από τις ανακλώμενες ακτίνες, από το αντικείμενο οδεύουν προς το φακό, και ξεκινούν το ταξίδι τους μέσα στη φωτογραφική μηχανή (σχήμα 11).

Το “μάτι” της μηχανής αποτελείται από οπτικά στοιχεία κατασκευασμένα από ειδικό κρύσταλλο. Ο φακός (lens) δέχεται τις ακτίνες του φωτός οι οποίες ανακλώνται από κάθε σημείο του αντικειμένου και τις αναγκάζει να συγκλίνουν και να εστιαστούν στην επιφάνεια του αισθητήρα, σε σημεία, τα οποία σχηματίζουν ένα ανεστραμμένο φωτεινό είδωλο.

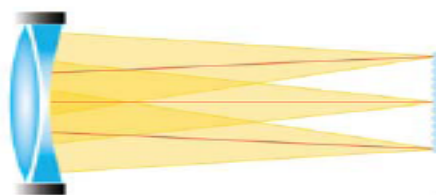
Ο αισθητήρας (sensor) είναι τοποθετημένος πίσω από το φακό κάθε ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής.



Σχήμα 11. Η δομή μίας σύγχρονης ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής.

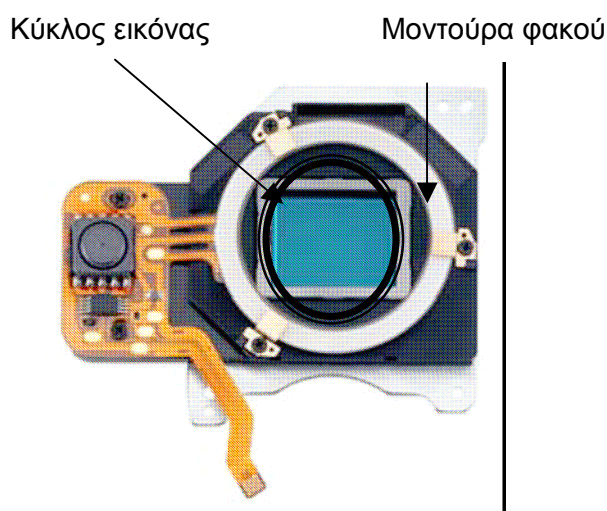
Ο αισθητήρας είναι ένα chip σιλικόνης. Ένα τμήμα της συνολικής του επιφάνειας είναι φωτοευαίσθητο και αντιδρά κάθε φορά που βομβαρδίζεται με φωτόνια (σχήμα 12). Η αντίδραση αυτή μεταφράζεται σε δημιουργία ηλεκτρικού φορτίου. Το ηλεκτρικό φορτίο μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα και προωθείται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας της μηχανής. Εκεί

διαμορφώνεται η εικόνα που έχουμε μόλις φωτογραφίσει και η οποία αποστέλλεται στη συνέχεια στο αποθηκευτικό μέσο.



Σχήμα 12

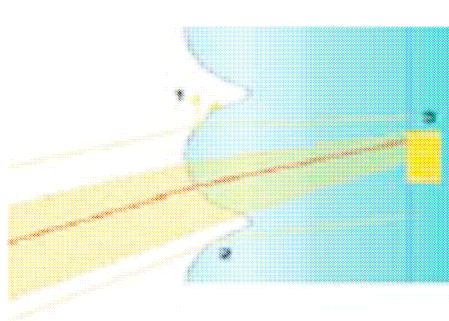
Η πλειοψηφία των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών περιορίζουν το μέγεθος του αισθητήρα στα 35mm, προκειμένου να είναι δυνατή η συνεργασία του με φωτογραφικούς φακούς, οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι για φωτογραφικές μηχανές των 35mm με φιλμ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα απώλεια απόδοσης, ιδιαίτερα στον οπτικό τομέα, και σε επιδείνωση της ποιότητας της εικόνας. Λύση σε αυτό το πρόβλημα έδωσε η ανάπτυξη ενός νέου προτύπου για τα ψηφιακά συστήματα που ελευθερώνει την ψηφιακή φωτογραφία από τους δεσμούς της με την τεχνολογία των φωτογραφικών μηχανών 35mm. Αποτέλεσμα της μελέτης αυτής ήταν ο αισθητήρας εικόνας των μηχανών των Τεσσάρων Τρίτων ή αλλιώς 4/3 (σχήμα 13).



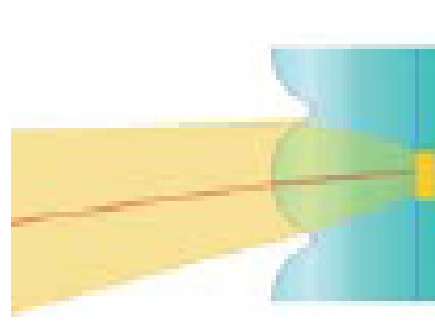
Σχήμα 13

Το σύστημα Τεσσάρων Τρίτων σχεδιάστηκε έχοντας κατά νου τις ειδικές ανάγκες της ψηφιακής φωτογραφίας. Μια βασική προϋπόθεση για την υψηλή ποιότητα εικόνας είναι να επιτευχθεί η ιδανική εναρμόνιση μεταξύ των αισθητήρων εικόνας και των φακών. Πρωταρχικός στόχος κατά τη διαδικασία σχεδίασης είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης και των δύο αυτών τμημάτων.

Η φύση της σχεδίασης του αισθητήρα σημαίνει ότι υπάρχουν απώλειες ποιότητας, εάν το φως δεν προσπίπτει επάνω του υπό κάθετη γωνία. Αυτό το φαινόμενο οξύνεται ιδιαίτερα στις γωνίες της εικόνας και είναι γνωστό ως γωνιακή σκίαση (σχήμα 14). Προκύπτει ιδιαίτερα στις ψηφιακές μηχανές που χρησιμοποιούν αισθητήρες πλήρους μεγέθους, όπου το φως θα πρέπει να διασπείρεται με ευρύτητα έτσι ώστε να φτάνει στις ακραίες περιοχές της επιφάνειας του αισθητήρα.



Σχήμα 14



Σχήμα 15

Κάθε εικονοστοιχείο έχει ένα φωτοσυλλεκτικό μικροφακό, και τα πράγματα γίνονται κρίσιμα όταν πρέπει να συλλάβουν το φως που προσπίπτει υπό γωνία, γιατί αυτό έχει σαν αποτέλεσμα:

1. Αντανάκλαση επάνω στα γειτονικά εικονοστοιχεία.
2. Διάχυση μεταξύ των γειτονικών εικονοστοιχείων.
3. Απώλεια φωτεινότητας εφόσον δεν μπορεί όλη η ποσότητα φωτός να συλλεχθεί από τον αισθητήρα.

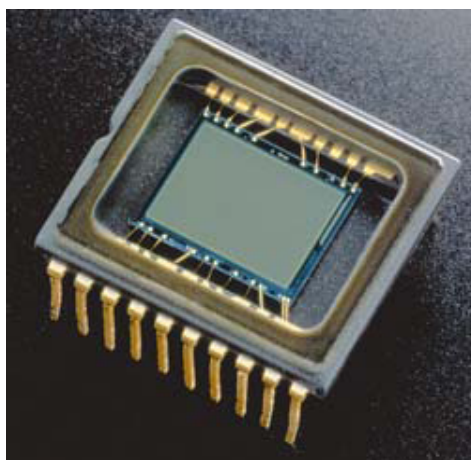
Αυτές οι επιδράσεις μειώνουν την αναλογία σήματος / θορύβου και έχουν σαν συνέπεια φτωχή αναπαραγωγή του χρώματος.

Στο σύστημα Τεσσάρων Τρίτων (σχήμα 12) η μοντούρα του φακού είναι περίπου διπλάσια από τον κύκλο εικόνας, κάτι που είναι αναγκαίο ώστε το φως να προσπίπτει με κάθετη γωνία (σχήμα 15) επάνω σε ολόκληρη την επιφάνεια του αισθητήρα, πράγμα που εγγυάται χρώμα, σαφήνεια και υψηλότερη φωτεινότητα από άκρη σε άκρη.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΙΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Οι αισθητήρες των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών είναι κατασκευασμένοι από πυρίτιο. Λειτουργούν εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα του

υλικού αυτού να μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρική ενέργεια (μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου).



Σχήμα 16. Αισθητήρας ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής

Όλοι οι αισθητήρες εκτελούν τις ίδιες βασικές λειτουργίες:

- Δημιουργία και συλλογή ηλεκτρικού φορτίου από την πρόσπτωση του φωτός. Για το λόγο αυτό, κάθε εικονοστοιχείο (pixel) διαθέτει φωτοευαίσθητη επιφάνεια, συλλέγει το φως (φωτόνια) που προσπίπτει επάνω του και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό φορτίο (ηλεκτρόνια).
- Μέτρηση αυτού του φορτίου και μετατροπή του σε ηλεκτρική τάση ή ρεύμα.
- Έξοδος του τελικού σήματος

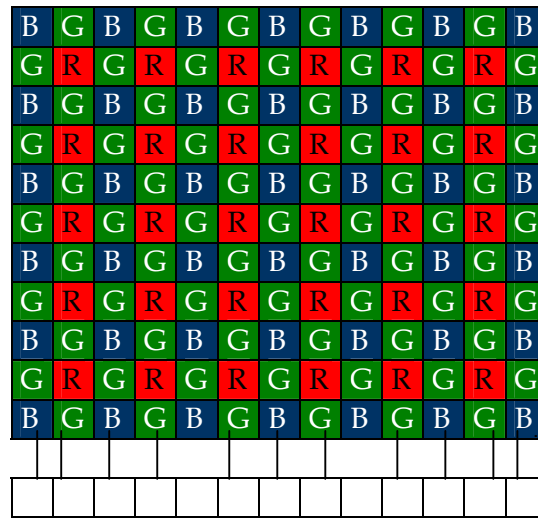
Οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων τύπων αισθητήρων εντοπίζονται στις αρχιτεκτονικές και τους μηχανισμούς που εφαρμόζονται για την εκτέλεση αυτών των βασικών λειτουργιών.

Η δράση του αισθητήρα στην ψηφιακή φωτογραφική μηχανή είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαδικασία της ψηφιοποίησης.

Ο αισθητήρας (σχήμα 16) είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, που αρχικά είχε σχεδιαστεί ως αποθηκευτικό μέσο. Πρόκειται για ένα τσιπ το οποίο αποτελείται από πολλές σειρές φωτοευαίσθητων “κελιών” τα οποία σχηματίζουν μια διάταξη σαν σκακιέρα (σχήμα 17). Κάθε κελί περιέχει μια ειδική φωτοδίοδο, η οποία (λόγω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου), παράγει ηλεκτρικό φορτίο μόλις πέσει φως πάνω της.

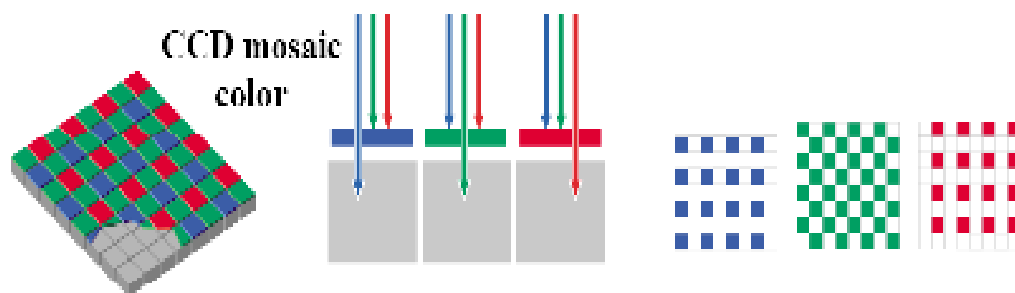
Το φορτίο είναι τόσο μεγαλύτερο όσο περισσότερο είναι το φως και αποθηκεύεται στον μικρό πυκνωτή που περιλαμβάνει κάθε κελί. Το γινόμενο

του αριθμού φωτοευαίσθητων κελιών κάθε σειράς επί τον αριθμό των σειρών, δίνει το μέγεθος του αισθητήρα σε εικονοστοιχεία (pixels). Οι ειδικές φωτοδίοδοι είναι ευαίσθητες μόνο στην ένταση του φωτός.



Σχήμα 17

Για να καταγραφεί το χρώμα χρησιμοποιούνται ειδικά χρωματιστά φίλτρα (κόκκινο, πράσινο και μπλε σχ.18), ένα για κάθε χρώμα. Στην απλούστερη διάταξη, η επιφάνεια κάθε κελιού χρωματίζεται ώστε το κελί αυτό να μπορεί να συλλάβει φως μόνο ενός από τα τρία κύρια χρώματα. Η σύνθεση των τριών αυτών χρωμάτων σε διαφορετικά ποσοστά δίνει όλα τα χρώματα και τις αποχρώσεις που μπορεί να διακρίνει το ανθρώπινο μάτι.



Σχήμα 18

ΒΑΣΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η φωτοευαίσθητη επιφάνεια των αισθητήρων είναι ένα πλέγμα εικονοστοιχείων. Τα εικονοστοιχεία δεν είναι τυχαία τοποθετημένα αλλά

βρίσκονται κατανομημένα σε συγκεκριμένη διάταξη . Για τα εικονοστοιχεία έχει επικρατήσει ο αγγλικός όρος pixels που προέρχεται από τη σύντμηση των λέξεων picture elements.

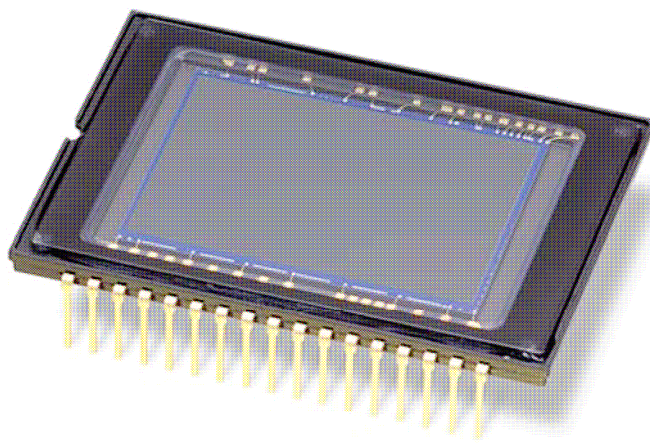
Ο αριθμός των pixels παίζει ουσιαστικό ρόλο στην ψηφιακή φωτογραφία. Όσο περισσότερα pixels έχει ένας αισθητήρας τόσο μεγαλύτερη ανάλυση μπορεί να δώσει και συνεπώς τόσο περισσότερες λεπτομέρειες γίνονται διακριτές. Διευκρινίζεται, ωστόσο, πως τα pixels αποτελούν τεχνικό χαρακτηριστικό και όχι δομικό στοιχείο των αισθητήρων.

Κάθε pixel είναι μια μικροσκοπική φωτοευαίσθητη περιοχή που διαθέτει μια τουλάχιστον φωτοδίοδο. Το κλειδί, για την καλύτερη ποιότητα εικόνας, είναι το μέγεθος αυτής της φωτοδίοδου. Από αυτήν άλλωστε εξαρτάται η συνολική ευαισθησία του αισθητήρα, η αναλογία σήματος προς θόρυβο και το εύρος του δυναμικού πεδίου. Καθώς το φως εισέρχεται στη φωτοδίοδο, προκαλεί τη δημιουργία ηλεκτρικού φορτίου. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φωτόνια απελευθερώνουν κάποια από τα ηλεκτρόνια (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο) με τα οποία φορτίζεται πριν από κάθε λήψη η επιφάνεια του αισθητήρα. Όσο περισσότερο είναι το φως, τόσο μεγαλύτερη η τάση του ηλεκτρικού φορτίου που παράγεται. Καθοριστικής σημασίας για την απόδοση της φωτοδίοδου και κατ' επέκταση τη συμπεριφορά κάθε pixel, παίζει ο λεγόμενος συντελεστής πλήρωσης, δηλαδή το πόσο γρήγορα μια φωτοδίοδος "γεμίζει" με φως αποδίδοντας το μέγιστο δυνατό φορτίο. Είναι σημαντικό για τα pixels η πλήρωση να έρχεται στο μεγαλύτερο δυνατό χρόνο. Πιο αργά γεμίζει μία μεγάλη και όχι μια μικρή φωτοδίοδος.

Αφού λοιπόν τα φωτόνια προκαλέσουν απελευθέρωση ηλεκτρονίων, το ηλεκτρικό φορτίο μεταβιβάζεται μέσω ειδικών καναλιών μεταφοράς (transfer channels), που διατρέχουν όλη τη φωτοευαίσθητη επιφάνεια του αισθητήρα, και τελικά προωθείται σε έναν ενισχυτή. Ενισχυμένο το φορτίο θα περάσει από τον ειδικό αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα (A/D converter), θα μετατραπεί σε 12μπιτο ή 14μπιτο ψηφιακό σήμα για να καταλήξει στον επεξεργαστή προκειμένου να δημιουργηθεί η τελική εικόνα.

ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Ο αισθητήρας με τον όρο CCD (Charge Coupled Device-Συσκευή Ζεύξης Φορτίου, σχήμα 19) αναπτύχθηκε ανεξάρτητα και παράλληλα από τις εταιρείες BELL Labs και Philips, το 1969.



Σχήμα 19. Αισθητήρας CCD

Αρχικά προσπαθούσαν να δημιουργήσουν ένα καινούριο είδος ημιαγωγών που θα χρησίμευε ως μνήμη στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Σχεδόν αμέσως όμως έγιναν εμφανές οι δυνατότητες των καινούριων chip στην καταγραφή ψηφιακής εικόνας. Οι αισθητήρες CCD έχουν μεγάλη ευαισθησία στο φως, χαμηλό θορύβου (noise) και υψηλή δυναμική κλίμακα (dynamic range). Για τη λειτουργία του χρειάζεται κάποια επιπλέον κυκλώματα επεξεργασίας.

Αρχικά αξιοποιήθηκαν από το στρατό και τις υπηρεσίες ασφάλειας για παρακολούθηση και κατασκοπεία. Μέχρι το 1975 η πρώτη βίντεο-κάμερα που στηριζόταν στην ενσωμάτωση CCD και χρησιμοποιούνταν για τηλεοπτική μετάδοση, ήταν γεγονός.

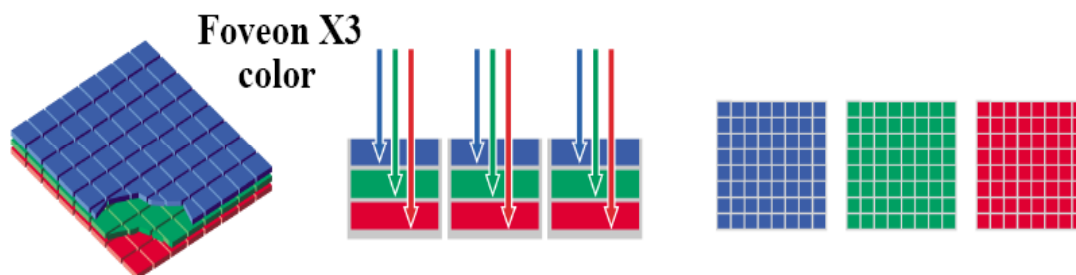
Η τεχνολογία CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) εφευρέθηκε το 1963 από την αεροπορική εταιρεία Fairchild. Ο αισθητήρας CMOS στηριζόμενος σε μια αρκετά διαφορετική φιλοσοφία λειτουργίας έχει συγκριτικά μεγάλη πυκνότητα κυκλωμάτων. Αυτό επιτρέπει στον κατασκευαστή να ενσωματώνει κάποιες επιπλέον λειτουργίες στο chip, όπως π.χ. μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (analogic to digital converter – ADC) κ.ά. Έτσι καταλήγουμε σε ένα προϊόν με πληθώρα λειτουργιών και μικρό μέγεθος που έχει χαμηλό συνολικό κόστος κατασκευής. Επιπρόσθετα, έχει και συγκριτικά χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Ο αισθητήρας CMOS χρησιμοποιήθηκε κυρίως στις κεντρικές μονάδες των ηλεκτρονικών

υπολογιστών. Στις μέρες μας οι αισθητήρες βρίσκουν εφαρμογή σε μια μεγάλη σειρά συσκευών, όπου επιχειρείται να κωδικοποιηθεί μια οπτική πληροφορία και να μετατραπεί σε ψηφιακά δεδομένα. Μερικές μόνο από τις σύγχρονες εφαρμογές αφορούν στα scanners, στα φωτοτυπικά, στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, τα μηχανήματα ανάγνωσης των bar codes κ.ά.

ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Εκτός από τους δύο πιο γνωστούς αισθητήρες CCD και CMOS, τους οποίους κυρίως συναντούμε στις περισσότερες εφαρμογές, υπάρχουν τρεις ακόμα τύποι αισθητήρων :

- Αισθητήρας **Foveon X3**, από την εταιρεία Foveon. Βασίζεται στην ιδιότητα του πυριτίου να απορροφά διαφορετικά μήκη κύματα φωτός (χρώματα), σε διαφορετικά βάθη από την επιφάνειά του.



Το μπλε χρώμα (με το μικρότερο μήκος κύματος) απορροφάται πρώτο πιο κοντά στην επιφάνεια, έπειτα το πράσινο, και τελευταίο απορροφάται το κόκκινο χρώμα. Έτσι, τοποθετώντας ένα σάντουιτς τριών αισθητήρων φωτός, σε διαφορετικό βάθος, κάθε pixel είναι ευαίσθητο και στα τρία πρωτεύοντα χρώματα (RGB, κόκκινο, πράσινο, μπλε).

- Η Fuji, παρεκκλίνοντας από την λογική του Bayer matrix, σχεδίασε τον αισθητήρα **Super CCD** (ήδη βρίσκεται στην πέμπτη γενιά), ο οποίος χρησιμοποιεί δύο φωτοδιόδους ανά pixel (αντί για μία φωτοδίοδο). Η μία φωτοδίοδος τύπου S είναι σχετικά μεγάλη, συνεπώς πιο ευαίσθητη και χρησιμοποιείται για να καταγράψει λεπτομέρειες στα πιο σκιερά σημεία ενώ η άλλη τύπου R είναι μικρότερη και έχει σκοπό την καταγραφή λεπτομερειών στα φωτεινά σημεία.

- Απόκλιση αποτελεί και ο αισθητήρας **LBCAST** που εμφανίζεται ως υβρίδιο των τεχνολογιών CCD και CMOS. Πλησιάζει περισσότερο την τεχνολογία CMOS, αφού η μόνη ουσιαστική διαφορά από τους τυπικούς CMOS είναι ότι χρησιμοποιεί σε κάθε pixel ενισχυτές τύπου JFET, αντί για MOSFET.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Για την κατασκευή των αισθητήρων (είτε CCD, είτε CMOS), σαν βάση χρησιμοποιείται το πυρίτιο (silicon), το πλέον γνωστό ημιαγωγό υλικό, στο οποίο οφείλουν την λειτουργία τους τα τρανζίστορ, τα ολοκληρωμένα κυκλώματα κλπ.

Για μια τέλεια κατασκευή, οι ράβδοι πυριτίου που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι 100% καθαρές, απόλυτα ομοιογενείς, δηλαδή απαλλαγμένες από κάθε ξένη πρόσμειξη (impurity). Οι διαστάσεις των pixels είναι τόσο μικρές, που οιαδήποτε ξένη πρόσμειξη στην ράβδο πυριτίου, έστω και σε μικρό βαθμό, αναπόφευκτα θα επηρεάσει την λειτουργία κάποιων pixels. Με τους σύγχρονους αισθητήρες να διαθέτουν αρκετά εκατομμύρια pixels, είναι λογικό ότι η απαίτηση για 100% καθαρό πυρίτιο, και αισθητήρες απαλλαγμένους από οποιοδήποτε σφάλμα, ενέχει σημαντικές τεχνικές δυσκολίες και θα οδηγούσε σε ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

Αυτός ο κατασκευαστικός συμβιβασμός, ο οποίος εξαρτάται από τα στάνταρ που θέτει κάθε κατασκευαστής, αναπόφευκτα οδηγεί στην ύπαρξη κάποιων pixels που δυσλειτουργούν ή μερικές φορές παύουν να λειτουργούν ολωσδιόλου. Τα ελαττωματικά pixels μπορούν να χωριστούν σε νεκρά (dead), κολλημένα (stuck) και “θερμά” (hot). Σε αυτές τις ατέλειες πρέπει να προσθέσουμε και τον (θερμικό) θόρυβο που σχετίζεται με την λειτουργία των pixels.

Τα *νεκρά (dead) pixel* δε συμμετέχουν στην λειτουργία του αισθητήρα. Συνήθως, εμφανίζονται ως σκούρα ή μαύρα στην τελική εικόνα. Εντοπίζονται είτε με την φωτογράφιση ενός μαύρου κάδρου (αφού δε θα είναι τελείως μαύρα), είτε ενός λευκού κάδρου (οπότε δε θα είναι τελείως λευκά). Η

φωτεινότητα του συγκεκριμένου pixel (τιμή RGB) παραμένει σταθερή σε όλες τις φωτογραφίες.

Τα *θερμά (hot) pixels* εντοπίζονται ελέγχοντας την φωτεινότητα των pixels. Μπορούν να εμφανιστούν με διάφορα χρώματα, ανάλογα με το χρόνο εκφώτισης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος εκφώτισης, τόσο πιο έντονα εμφανίζονται τα hot pixels. Μερικές φορές, ορισμένα pixels λειτουργούν κανονικά σε χαμηλή ευαισθησία (π.χ. ISO 100), ενώ σε υψηλότερες ευαισθησίες (π.χ. ISO 700-1600) εμφανίζονται περισσότερο ως θερμά (hot) λόγω της μεγαλύτερης ενίσχυσης του ηλεκτρικού σήματος.

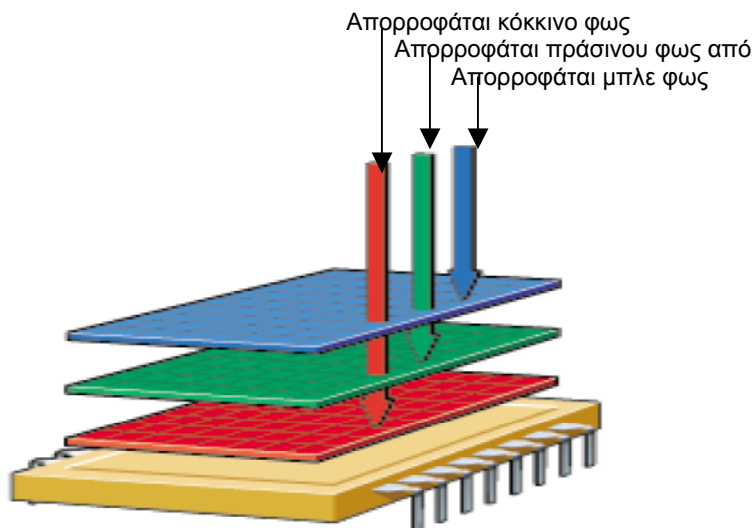
Τα *κολλημένα (stuck) pixels* παραμένουν σταθερά σε μια μέγιστη τιμή φωτεινότητας, και έτσι, συνήθως εμφανίζονται ως λευκά.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του αισθητήρα είναι το φυσικό του μέγεθος και το μέγεθος των μεμονωμένων pixels. Περισσότερα pixels σημαίνει υψηλότερη ανάλυση. Αλλά επίσης σημαίνει και είτε περισσότερα pixels σε έναν αισθητήρα, είτε έναν αισθητήρα μεγαλύτερου μεγέθους. Ο μόνος τρόπος για να προστεθούν περισσότερα pixels σε έναν αισθητήρα, ενός δεδομένου μεγέθους, είναι να γίνουν μικρότερα. Καθώς τα pixels γίνονται μικρότερα είναι λιγότερο ικανά να συλλάβουν τα φωτόνια, και επομένως η αναλογία τους σήματος /θορύβου αυξάνεται. [Όλα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα έχουν έμφυτο θόρυβο. Όσο υψηλότερο είναι το σήμα που λαμβάνουν, (περισσότερο φως στη συγκεκριμένη περίπτωση), τόσο χαμηλότερος είναι ο θόρυβος σε σχέση με εκείνο το σήμα]

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ CCD

Ο αισθητήρας CCD είναι ένα φωτοευαίσθητο chip, που χρησιμοποιείται, εκτός από τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές (digital cameras ή filmless cameras), στα scanners και στα camcorders. Το CCD είναι ένα ακρωνύμιο για τον όρο : Charge Caupled Device, που θα μπορούσε να αποδοθεί, αρκετά δόκιμα, ως : Συσκευή Ζεύξης Φορτίου. Ο αισθητήρας CCD διαθέτει έναν πολύ μεγάλο αριθμό από μικροσκοπικά φωτοευαίσθητα στοιχεία (κύτταρα), δηλαδή τα λεγόμενα pixels, τα οποία μετατρέπουν το φως

σε ηλεκτρικό ρεύμα. Κάθε pixel αποτελείται από μια φωτοδίοδο και έναν πυκνωτή. Όλοι οι πυκνωτές είναι συζευγμένοι μεταξύ τους (coupled) και υπό τον έλεγχο ενός εξωτερικού κυκλώματος, κάθε πυκνωτής μπορεί να μεταφέρει το ηλεκτρικό φορτίο του σε κάποιον από τους γειτονικούς πυκνωτές.



Σχήμα 20

Κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά είναι ευαίσθητο σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα του χρωματικού συστήματος (σχήμα 20) RGB: κόκκινο (R), πράσινο (G), και μπλε (B).

Ο αισθητήρας CCD είναι το τμήμα της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής όπου καταγράφεται η “λανθάνουσα εικόνα”. Από εδώ θα ξεκινήσει η διαδικασία μετατροπής της εικόνας σε ψηφιακή πληροφορία. Ανάλογα με τον τρόπο διάταξης των φωτοευαίσθητων στοιχείων (κυττάρων), έχουμε δύο διαφορετικούς τύπους αισθητήρων CCD:

Διάταξη γραμμική (linear array). Στην γραμμική διάταξη τα κύτταρα είναι τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο, διατεταγμένα επάνω σε μια λωρίδα. Μόλις γίνεται η έκθεση, πρέπει να σαρωθεί, από τον αισθητήρα CCD, όλη η επιφάνεια του θέματος σε άμεση σχέση πάντα με την περιοχή αποτύπωσης. Αυτή είναι η απλούστερη μορφή αισθητήρα. Στην ίδια κατηγορία υπάρχει και συνθετότερη μορφή, όπου έχουμε διάταξη των κυττάρων επάνω σε τρεις λωρίδες, μία για κάθε ένα από τα τρία βασικά χρώματα του χρωματικού συστήματος RGB. Η όλη διαδικασία της σάρωσης χρειάζεται χρόνο για να ολοκληρωθεί : πολλές φορές και ολόκληρα λεπτά. Για το λόγο αυτό οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, που είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες CCD γραμμικής διάταξης, είναι κατάλληλες μόνο για still life. Δεν μπορούμε

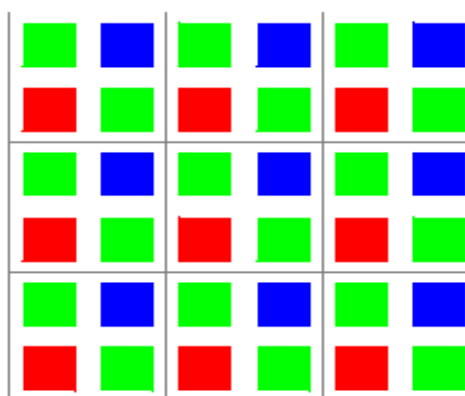
καθόλου να τις χρησιμοποιήσουμε σε κινούμενα θέματα και γενικότερα όπου έχουμε λήψεις σε πραγματικό χρόνο (real time).

Διάταξη περιοχής (area array). Στη διάταξη περιοχής τα κύτταρα είναι τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο, άλλα διατεταγμένα στις δύο διαστάσεις, ώστε να δημιουργούν ένα ορθογώνιο πλέγμα. Μια τέτοιου τύπου διάταξη των κυττάρων, που το κάθε ένα από αυτά είναι ευαίσθητο σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα του χρωματικού συστήματος RGB, επιτρέπει την άμεση “καταγραφή” του θέματος, σε πραγματικό χρόνο. Οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, που είναι εξοπλισμένες με αισθητήρα CCD διάταξης περιοχής (area array), είναι κατάλληλες για όλα τα είδη φωτογραφήσεων, όπου χρησιμοποιούνται και οι συμβατικές φωτογραφικές μηχανές.

Τελευταία αυξήθηκε ο αριθμός των pixels στο CCD, περιστρέφοντάς τα κατά 45°.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ CMOS

Η τεχνολογία CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) εφευρέθηκε το 1963 από την αεροπορική εταιρεία Fairchild. Εδώ, κάθε pixel, εκτός από τη φωτοδίοδο, μπορεί να περιλαμβάνει και μεγάλο αριθμό στοιχείων (τρανζίστορ, αντιστάσεις κλπ.) Πρόκειται για μία μεγάλη τάξη ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, που περιλαμβάνει μικροεπεξεργαστές, μνήμες RAM και πλήθος λογικών κυκλωμάτων.



Αρχικά δεν προσφερόταν για την κατασκευή αισθητήρων λόγω των σχετικά υψηλών επιπέδων θορύβου, όμως, έκανε εφικτή την κατασκευή μικροκυκλωμάτων πυριτίου που ενσωμάτωναν εντυπωσιακό αριθμό ηλεκτρονικών στοιχείων, με μικρές απαιτήσεις στην κατανάλωση ρεύματος.

Και με τις δύο τεχνολογίες, η βασική σχεδίαση ακολουθεί την λογική της διάταξης Bayer (Bayer matrix, από το όνομα του μηχανικού της Kodak που πρώτος συνέλαβε την ιδέα). Σύμφωνα με αυτή τη λογική, κάθε pixel έχει μια φωτοδίοδο και με το κατάλληλο φίλτρο καταγράφει μόνον ένα από τα τρία βασικά χρώματα του προσθετικού συστήματος (RGB ,κόκκινο, πράσινο, μπλε). Το ίδιο pixel όμως είναι γειτονικό με pixels που καταγράφουν τα άλλα δύο χρώματα. Στην συνέχεια με την χρήση ειδικών αλγορίθμων, και αξιοποιώντας τις χρωματικές τιμές των γειτονικών pixels που ομαδοποιούνται, ανακατασκευάζεται η πληροφορία και για τα άλλα δύο βασικά χρώματα. Στην κατανομή των μικροφίλτρων Bayer matrix, η ποσότητα των πράσινων είναι διπλάσια δηλ. για κάθε R και B υπάρχουν δύο G –επειδή οι ψηφιακοί αισθητήρες είναι πιο αναισθητοί σε αυτήν την περιοχή του ορατού φάσματος.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ CCD – CMOS

Η αρχιτεκτονική CMOS, επιτρέπει να ενσωματωθούν περισσότερες λειτουργίες στο ίδιο το chip του αισθητήρα, κάνοντας έτσι απλούστερο τον σχεδιασμό των υπολοίπων κυκλωμάτων. Έτσι, οι CMOS μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να εκτελούν πρόσθετες λειτουργίες, όπως μετατροπή ηλεκτρικών σημάτων σε ψηφιακά δεδομένα, και περαιτέρω επεξεργασία της εικόνας. Σαν αποτέλεσμα, το σημείο εξόδου από τους αισθητήρες CCD έχει αναλογική μορφή, ενώ η έξοδος από τους αισθητήρες CMOS έχει ήδη λάβει ψηφιακή μορφή.

Έμμεσο αποτέλεσμα αυτής της μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης σε IC, είναι η πιο γρήγορη εκτέλεση πολλών βασικών λειτουργιών. Παράλληλα όμως αυξάνεται ο θόρυβος των ενδοπαρεμβολών των διαφόρων κυκλωμάτων. Η αχίλλειος πτέρνα των CMOS είναι το “ταίριασμα” (matching) των πολλών τρανζίστορ που έχει άμεση σχέση με την συμμετρική λειτουργία των ενσωματωμένων σε κάθε pixel ενισχυτών διατάξεων. Έτσι ο θόρυβος που σχετίζεται με τους CMOS αισθητήρες, είναι μεγαλύτερος, και για την εξάλειψή του χρησιμοποιούνται σύνθετες τεχνικές.

Ακόμη, η ύπαρξη πολλών τρανζίστορ στο ίδιο pixel, καταλαμβάνει χώρο και μειώνει την φωτοευαίσθητη περιοχή σε κάθε pixel, αφού πολλά φωτόνια προσπίπτουν στο κύκλωμα και όχι στην φωτοευαίσθητη δίοδο.

Οι αισθητήρες CMOS εκλύουν λιγότερη θερμότητα και απαιτούν πολύ μικρότερη ισχύ για την λειτουργία τους (περίπου 10-20 φορές λιγότερη από τους αντίστοιχους CCD). Συμβάλουν δηλαδή στην ηλεκτρική αυτονομία.

Βασική διαφορά αποτελεί και ο τρόπος με τον οποίο τα ηλεκτρόνια (δηλαδή, η πληροφορία) μεταφέρονται από τον αισθητήρα. Στα CCD η πληροφορία μεταφέρεται από κάθε pixel σειριακά (και συνήθως από έναν ή δύο κόμβους εξόδου). Στα CMOS κάθε pixel έχει δική του διεύθυνση και μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα. Δηλαδή, με CMOS αισθητήρα, μπορούμε εύκολα να “τραβήξουμε” ένα τμήμα της εικόνας ή με άλλα λόγια να χαρτογραφήσουμε το pixel, ώστε υπό ορισμένες συνθήκες να χρησιμοποιούνται κατά ομάδες (π.χ. σε τμηματική μεγέθυνση).

Με την ίδια λογική, τα τμήματα ποιοτικού ελέγχου μπορούν να χαρτογραφούν τα “ελαττωματικά” ή κολλημένα pixels να μη συμμετέχουν στην εικόνα. Συνεπώς μπορούν να βγουν στην παραγωγή chip που αλλιώς θα απορρίπτονταν ως άχρηστα.

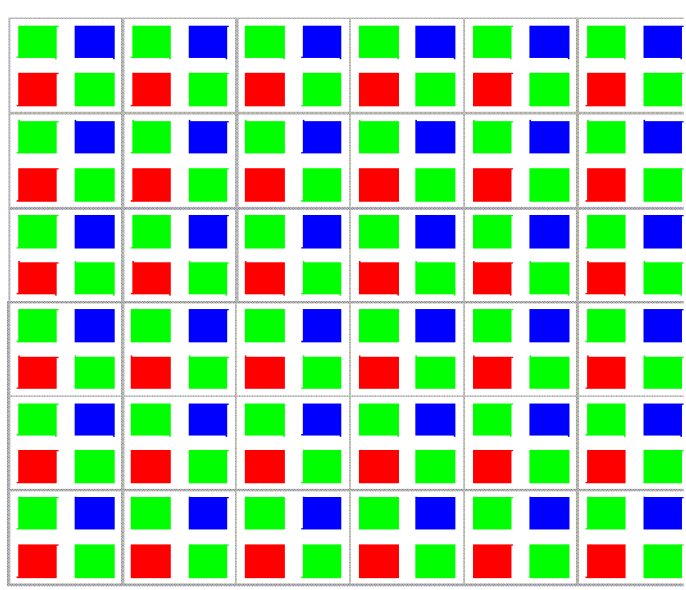
Το κόστος κατασκευής των αισθητήρων CMOS είναι σαφώς μικρότερο αφού η τεχνολογία CMOS εφαρμόζεται σε ευρύτερο πεδίο προϊόντων (επεξεργαστές, μνήμες κλπ). Εφόσον υπάρχουν πολλά εργοστάσια κατασκευής το κόστος παραγωγής διαμορφώνεται χαμηλότερα.

Αντίθετα, οι αισθητήρες CCD σήμερα κατασκευάζονται από λίγα εξειδικευμένα εργοστάσια και συγκεκριμένα Sony, Kodak, Philips, Matsushita, Dalsa, Fuji και Sharp.

Σε γενικές γραμμές, οι αισθητήρες CCD, διαθέτουν λιγότερα στοιχεία και απλούστερη λειτουργία, έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία στο φως, ευρύτερη δυναμική περιοχή και μικρότερο θόρυβο. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας CMOS, από την δεκαετία του 1990 και μετά, προχωρεί με γοργό ρυθμό εξομαλύνοντας τις διαφορές.

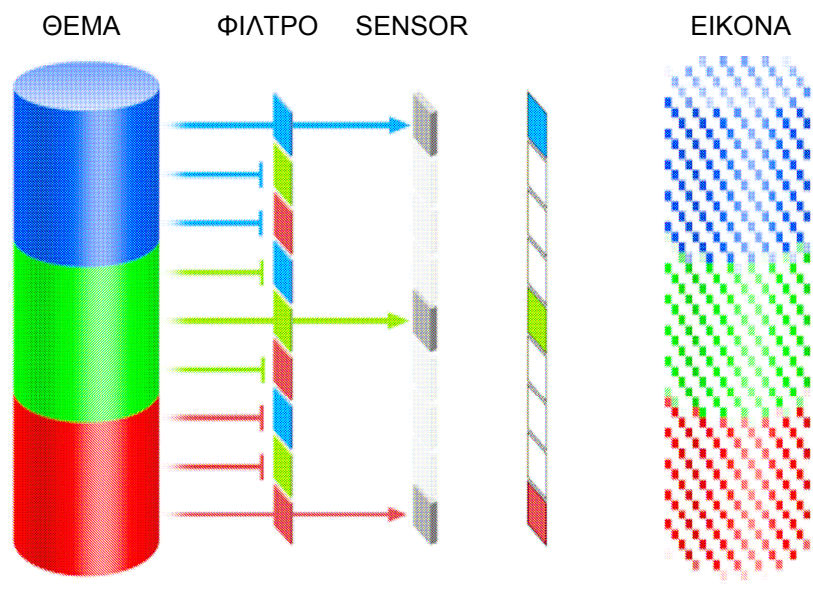
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Το φως περνά από το φακό της ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής, ακριβώς όπως συμβαίνει και στη συμβατική φωτογραφική μηχανή. Αντί να εστιαστεί σε φωτογραφικό φιλμ εστιάζεται σε ένα chip CCD. Πριν φθάσει στο chip CCD, διέρχεται από σύστημα τριών φίλτρων: κόκκινο (R), πράσινου (G) και μπλε (B). Το φως που πέφτει σε κάθε ένα κύτταρο έχει πάντοτε την συχνότητα που αντιστοιχεί σε ένα μόνο από τα χρώματα: R, G, B. Κάθε ένα από τα κύτταρα CCD είναι ευαίσθητο σε ένα από τα τρία βασικά χρώματα του χρωματικού συστήματος RGB. Τα κύτταρα αυτά βρίσκονται τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο ισομοιρασμένα στην επιφάνεια του chip ή (συνηθέστερα) με περισσότερα τα κύτταρα που είναι ευαίσθητα στο πράσινο (σχήμα 21). Αυτό γίνεται γιατί το πράσινο χρώμα παρουσιάζει έναν εγγενή υποτομισμό της φωτεινής του απόδοσης. Κάθε φωτοευαίσθητο κύτταρο που είναι ένα pixel, αντιστοιχεί σε ένα ακριβώς σημείο της εικόνας.



Σχήμα 21

Τα φωτοευαίσθητα κύτταρα είναι ημιαγωγοί διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2). Σαν βάση, επάνω στην οποία έχει “στρωθεί” το ημιαγωγίμο υλικό, υπάρχει στρώμα καθαρού πυριτίου. Το κάθε κύτταρο δέχεται μία συγκεκριμένη ποσότητα φωτός και παράγει ηλεκτρικό ρεύμα αντίστοιχης έντασης. Οι αισθητήρες CCD παράγουν, τελικά ηλεκτρικό ρεύμα διαφορετικής έντασης για κάθε σημείο της φωτογραφίας.



Σχήμα 22

Θα δούμε, στη συνέχεια, πως ακριβώς γίνεται αυτό (σχήμα 22) : Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία του φωτός, το φως διαδίδεται με μικρές ποσότητες ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια. Τα φωτοευαίσθητα κύτταρα διεγείρονται από το φως, δηλαδή από τα φωτόνια. Η διέγερση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα, λόγω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, την απελευθέρωση ηλεκτρονίων από τα άτομα του διοξειδίου του πυριτίου. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται σε κάθε κύτταρο είναι ανάλογος της ποσότητας φωτός που έχει δεχθεί το συγκεκριμένο κύτταρο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι αισθητήρες αντιλαμβάνονται μόνον την ένταση του φωτός και όχι το χρώμα. Η διέλευση του φωτός από το σύστημα των τριών φίλτρων : R, G, B αποσκοπεί ακριβώς στο να διαχωριστεί το φως στα τρία βασικά χρώματα που το συνθέτουν. Η τελική εντύπωση του χρώματος σε κάθε κύτταρο δίνεται μέσα από περίπλοκη λειτουργία με τη βοήθεια ειδικού αλγόριθμου. Το σύνολο των τελικών εντυπώσεων χρώματος σε όλα τα κύτταρα μας δίνει αυτό που ονομάζουμε στην κλασική φωτογραφία “λανθάνουσα εικόνα”.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΒΑΘΟΣ BIT

Βασικό στοιχείο αξιολόγησης των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών είναι η ανάλυση της εικόνας που μπορούν να προσφέρουν και ο αριθμός των χρωμάτων που μπορούν να “διαβάσουν”. Η ανάλυση είναι ο αριθμός των

φωτοευαίσθητων κυττάρων CCD που υπάρχουν για κάθε ίντσα, καθορίζοντας έτσι το ανώτατο όριο της ανάλυσης της εικόνας εισόδου. Η μονάδα μέτρησης της ανάλυσης είναι τα pixels ανά ίντσα (pixels per inch – ppi), αφού γνωρίζουμε ότι ταυτίζεται ο αριθμός των φωτοευαίσθητων κυττάρων με τον αριθμό των pixels. Βέβαια, στα manuals αναγράφεται συνήθως ο συνολικός αριθμός των pixels (φωτοευαίσθητων κυττάρων) του CCD. Θα δούμε π.χ. να αναγράφεται : “μέγιστη ανάλυση : 786432 pixels ή 1024 x 768 pixels”.

Η πλειοψηφία των ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών έχει περισσότερες από μία “θέσεις λήψης”, η κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε διαφορετική ανάλυση. Στα manuals μπορούν να αναγραφούν όλες αυτές οι αναλύσεις ή να αναγραφεί μόνο η μέγιστη. Επίσης, συμπεραίνουμε ότι όσο περισσότερα κύτταρα CCD υπάρχουν, τόσο μεγαλύτερη ευκρίνεια έχει η ψηφιακή εικόνα. Ο αριθμός των χρωμάτων εξαρτάται από τον αριθμό των τονικών επιπέδων που μπορεί να δημιουργήσει ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας (ADC), διαβάζοντας τις τιμές του ρεύματος, που δίνουν τα κύτταρα CCD.

Σε ορισμένες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας (ADC) δημιουργεί τέτοια οπτική αναγνώριση, που αντιστοιχεί σε βάθος από 10 – bit έως και 16 – bit ανά χρώμα. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η δυνατότητα αναγνώρισης περισσότερων από 8 – bit ανά χρώμα είναι πάρα πολύ χρήσιμη, όπως:

1. Όταν μετατρέπεται το (αναλογικό) φως σε ψηφιακό σήμα, στον αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα (ADC), εισάγεται πάντοτε οπτικός θόρυβος στις σκιερές περιοχές μίας εικόνας. Βέβαια ακολουθεί η διαδικασία της αποθορυβοποίησης των περιοχών αυτών, η οποία όμως καταστρέφει και έναν αριθμό τονικών επιπέδων που ανήκουν στις περιοχές αυτές. Έτσι θα μείνουν λιγότερα από το 256 τονικά επίπεδα τα οποία είναι απαραίτητα για να έχουμε εικόνα συνεχούς τόνου. Εάν όμως, ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας (ADC) δημιουργεί οπτική αναγνώριση, που αντιστοιχεί σε βάθος 10-bit ανά χρώμα (δηλαδή έχουμε βάθος 30-bit) ή και περισσότερα, θα έχουμε πάντα περίσσειμα τονικών επιπέδων. Έτσι θα αναπαραχθεί όλη η τονική λεπτομέρεια, όσο μεγάλη καταστροφή και να έχει προκαλέσει η αποθορυβοποίηση, και

2. Εάν ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας ADC αναγνωρίζει τουλάχιστον 10-bit ανά χρώμα, μας επιτρέπει να αυξήσουμε, κατά βούληση, τα τονικά επίπεδα σε μία ή περισσότερες περιοχές της εικόνας. Συνήθως αυτό γίνεται στις φωτεινές και στις σκιερές περιοχές, όπου συνήθως έχουμε δυσκολίες στην οπτική αναγνώριση, αφού παίρνουμε (με τα 8-bit ανά χρώμα), “πολύ επίπεδα” αποτελέσματα.

ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ-ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ (ADC)

Ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας (ADC) είναι ένα chip, που μετατρέπει, κατά κανόνα, αναλογικά σήματα σε ψηφιακές πληροφορίες (digital data) , δηλαδή πληροφορίες δυνητικά αναγνωρίσιμες και επεξεργάσιμες από υπολογιστή. Αν θέλουμε, δηλαδή, να μπορούμε να εισάγουμε τις ψηφιακές πληροφορίες (εικόνες) σε υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Στη συνέχεια, ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας (ADC) στέλνει τις ψηφιακές πληροφορίες (digital data) στον επεξεργαστή ψηφιακού σήματος. Ο επεξεργαστής ψηφιακού σήματος Digital Signal Processor ή DSP, είναι ένα ειδικό chip που διαθέτει έναν ταχύτατο επεξεργαστή ο οποίος χρησιμεύει κυρίως για να επιταχυνθούν ορισμένες λειτουργίες. Οι επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (DSP), που βρίσκονται στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, έχουν προγραμματιστεί ειδικά για να χειρίζονται τις φωτογραφικές εικόνες. Συγκεκριμένα, ο επεξεργαστής ψηφιακού σήματος (DSP) ρυθμίζει κυρίως το contrast, καθώς και ορισμένες ακόμη λεπτομέρειες της εικόνας που έχουν σχέση με τη διαβάθμιση των χρωματικών τόνων.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Θα εστιάσουμε την προσοχή μας στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του συσσωρευμένου φορτίου σε κάθε pixel και την μετατροπή του σε ηλεκτρική τάση. Η διαδικασία αυτή αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες κάθε αισθητήρα. Εδώ εντοπίζεται μια

χαρακτηριστική διαφορά των CCD από τα CMOS. Στα CCD, η μετατροπή γίνεται σε ένα κομβικό σημείο μέτρησης, από το οποίο περνά το φορτίο όλων των pixels του αισθητήρα, σειριακά. Αντίθετα, στα CMOS η μετατροπή του φορτίου σε ηλεκτρική τάση πραγματοποιείται ανεξάρτητα σε κάθε pixel, πριν από οποιαδήποτε μετακίνηση του φορτίου. Σε κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες, μπορούμε να εντοπίσουμε και άλλες δομικές διαφορές.

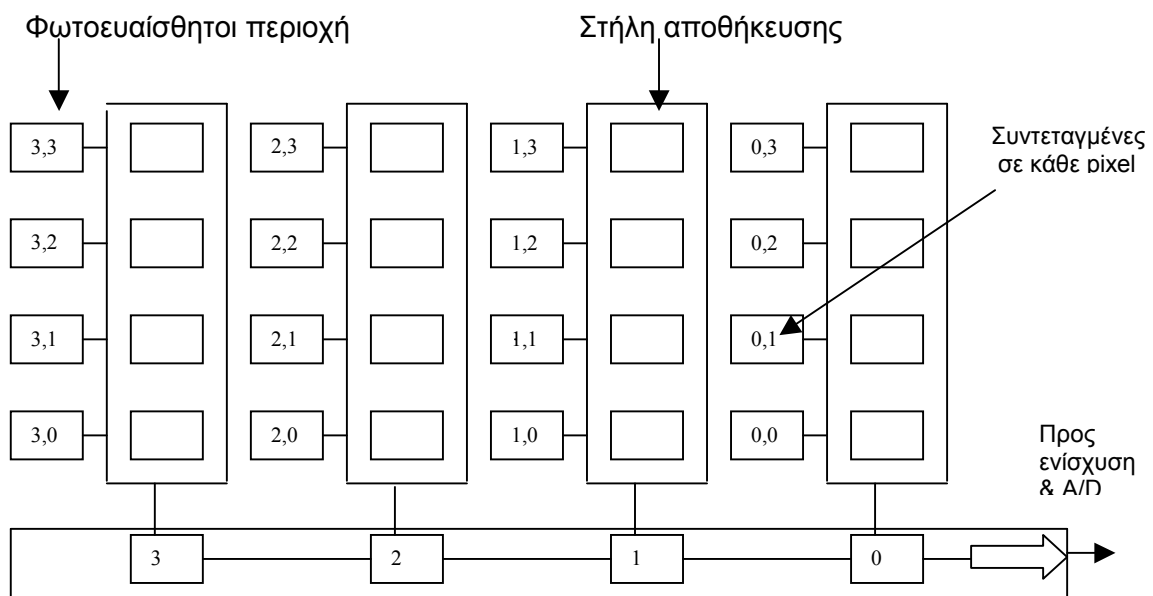
Μέτρηση φορτίου σε CCD

Η μέτρηση του φορτίου και η μετατροπή του σε ηλεκτρικό σήμα γίνεται σε ένα κομβικό σημείο μέτρησης, το οποίο είναι φυσικά διαχωρισμένο από τα pixels, και από το οποίο πρέπει να περάσει το φορτίο όλων των pixels του αισθητήρα (σε πιο σύνθετες κατασκευές, τα κομβικά σημεία μέτρησης είναι 2 ή 4 για πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα).

Η μετακίνηση του φορτίου από κάθε pixel του αισθητήρα προς το κομβικό σημείο μέτρησης γίνεται βασικά με τρεις μεθόδους:

(α) *Interline Transfer CCD*

Αρχιτεκτονική αισθητήρων Interline Transfer (σχήμα 23). Οριζόντιο CCD (HCCD).

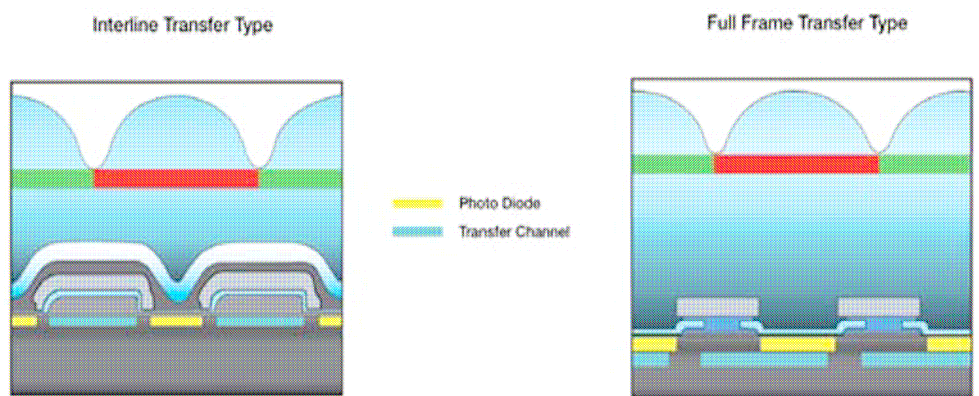


Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο τύπο αισθητήρων, ο οποίος χρησιμοποιείται στις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Εδώ, σε κάθε pixel, ένα τμήμα χρησιμοποιείται για αποθήκευση, σχηματίζοντας ουσιαστικά δύο διακριτές στήλες: μία στήλη pixels και δίπλα μία ακόμη στήλη αποθήκευσης.

Όταν τα pixels του αισθητήρα ολοκληρώσουν τη συλλογή φορτίων από μία εικόνα, το φορτίο τους μεταφέρεται στο τμήμα αποθήκευσης της διπλανής στήλης, το οποίο είναι προστατευμένο από το φως. Από εκεί, προωθείται, γραμμή – γραμμή σε έναν οριζόντιο καταγραφέα (HCCD) στο κάτω μέρος του αισθητήρα, και σειριακά προς το κομβικό σημείο μέτρησης.

Το πλεονέκτημα του Interline Transfer CCD είναι ότι μπορεί να ελέγξει μόνο του, μέσω λογισμικού, πότε αρχίζει και πότε σταματά η μέτρηση του προσπίπτοντος φωτός, χωρίς την βοήθεια μηχανικού κλείστρου, ενώ μπορεί να παράγει και video, απαραίτητη προϋπόθεση για την προεπισκόπηση της φωτογραφίας στην πίσω οθόνη LCD.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται και το ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολόκληρη η επιφάνεια του pixel για την μέτρηση του φωτός – επομένως, ο συντελεστής κάλυψης, ή fill factor είναι χαμηλός (αφού το μισό περίπου pixel καταλαμβάνεται από την στήλη αποθήκευσης). Για την αντιστάθμιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιούνται μικροφακοί σε κάθε pixel, οι οποίοι κατευθύνουν περισσότερο φως προς την φωτοευαίσθητη επιφάνεια, και έτσι αυξάνουν το fill factor. Οι μικροφακοί μπορούν να αυξήσουν τον συντελεστή fill factor μέχρι 70%.

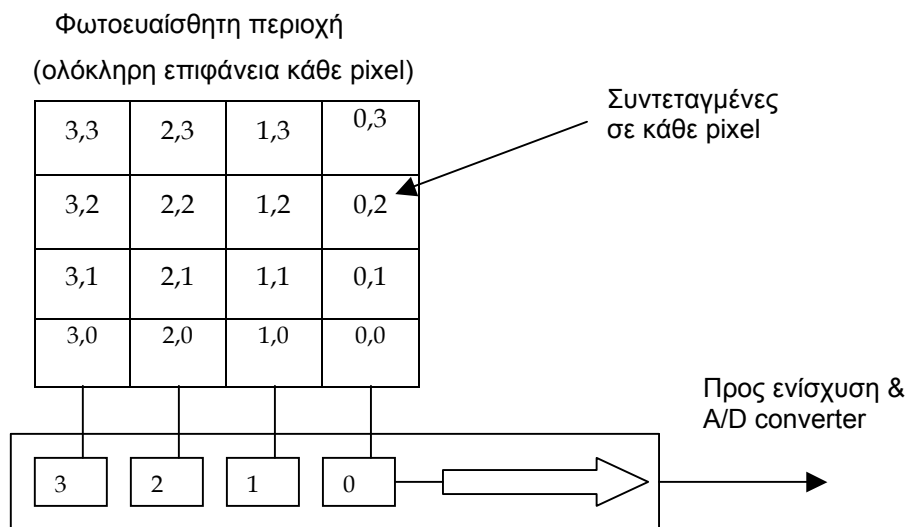


σχήμα 23

σχήμα 24

(β) Full Frame CCD

Αρχιτεκτονική αισθητήρων Full Frame (σχήμα 24).



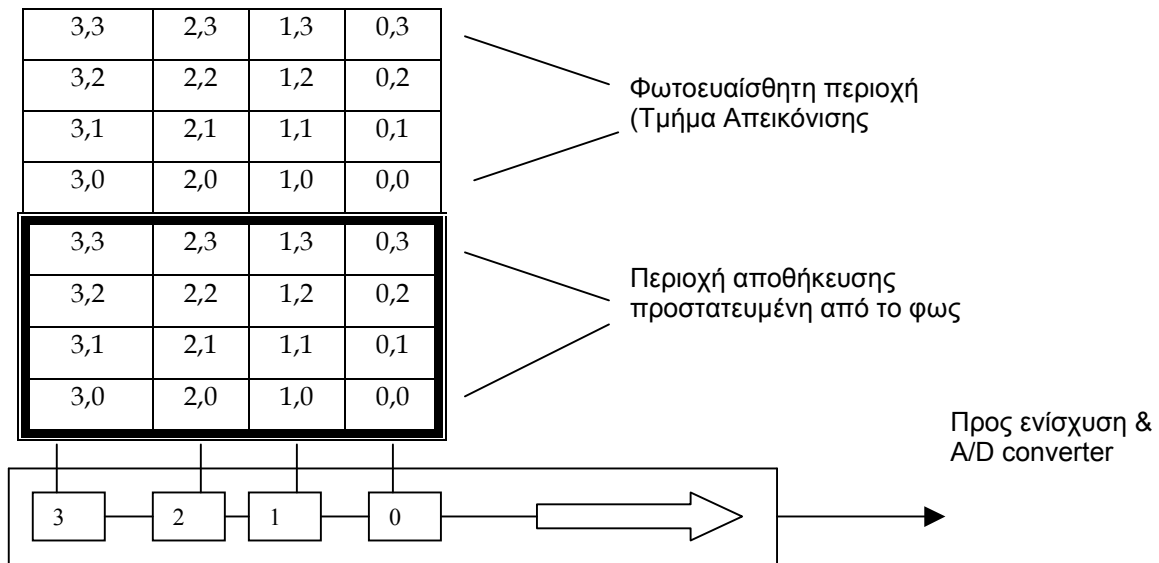
Η διαφορά των αισθητήρων Full Frame από τους Interline Transfer, είναι ότι δεν έχουν περιοχή αποθήκευσης. Αυτό καθιστά επιβεβλημένη την χρήση μηχανικού κλείστρου για να ελέγξουν πότε αρχίζει και πότε σταματά η μέτρηση του προσπίπτοντος φωτός, αφού ο αισθητήρας δεν πρέπει να δέχεται φως κατά την φάση της μεταφοράς – μέτρησης του φορτίου.

Με την αρχιτεκτονική Full Frame, το φορτίο κάθε pixel μεταφέρεται στο επόμενο pixel, στο δρόμο του προς το κομβικό σημείο μέτρησης. Από αυτήν την μεταφορά φορτίου (charge coupling) από pixel σε pixel προήλθε και το όνομα CCD (charge coupling device).

Σαν κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου, ολόκληρη η επιφάνεια του pixel είναι φωτοευαίσθητη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση του φωτός, βελτιώνοντας την δυναμική απόκριση και αυξάνοντας τον συντελεστή κάλυψης (fill factor) σε 100%. Γίνεται λοιπόν ιδιαίτερα αποτελεσματική χρήση της επιφάνειας του αισθητήρα.

Στον αντίποδα, δεν μπορεί να παραχθεί video, άρα δεν μπορεί να υπάρξει ούτε προεπισκόπηση της φωτογραφίας στην πίσω οθόνη LCD.

(γ) Αρχιτεκτονική αισθητήρων Frame Transfer



Μία παραλλαγή της αρχιτεκτονικής Full Frame CCD είναι η αρχιτεκτονική Frame Transfer CCD, με την οποία προστίθεται στον αισθητήρα ένα τμήμα αποθήκευσης, καλυμμένο από αδιαφανή μεμβράνη, το οποίο έχει το ίδιο μέγεθος με το φωτοευαίσθητο τμήμα απεικόνισης. Έτσι, μόλις ολοκληρωθεί η συλλογή φορτίου από τα pixels του φωτοευαίσθητου τμήματος, το φορτίο μεταφέρεται στα αντίστοιχα pixels του φωτοσκιασμένου τμήματος αποθήκευσης, από όπου γίνεται η μεταφορά – μέτρηση, ενώ τα φωτοευαίσθητα pixels απελευθερώνονται για την επόμενη καταγραφή.

Η μέθοδος αυτή διατηρεί τα πλεονεκτήματα της προηγούμενης μεθόδου (Full Frame), δηλαδή έχει συντελεστή κάλυψης (fill factor) 100%, και υψηλή δυναμική απόκριση, ενώ επιπρόσθετα δεν απαιτείται μηχανικό κλείστρο επειδή ο χρόνος που χρειάζεται για την μεταφορά του φορτίου στο τμήμα αποθήκευσης είναι τυπικά πολύ μικρός.

Στον αντίποδα, απαιτείται η διπλάσια ποσότητα πυριτίου, κάτι που καθιστά αυτήν την μέθοδο ιδιαίτερα ακριβή.

Πάντως, τα θεωρητικά πλεονεκτήματα των δύο τελευταίων μεθόδων δεν έχουν αποδειχθεί στην πράξη, από τις λίγες μηχανές που λειτουργούν με τέτοιους αισθητήρες.

Μέτρηση φορτίου σε CMOS

Οι αισθητήρες CMOS διαθέτουν το ίδιο πλέγμα pixels, όμως εδώ, τα pixels είναι πιο σύνθετα και περιλαμβάνουν κυκλώματα ενίσχυσης, μετατροπής και μέτρησης του συσσωρευμένου ηλεκτρικού φορτίου.

Έτσι, στους αισθητήρες CMOS, η μετατροπή του φορτίου σε ηλεκτρική τάση γίνεται επί τόπου σε κάθε pixel, πριν από την αποστολή του στον κεντρικό επεξεργαστή της μηχανής.

Η τεχνολογία CMOS διευκολύνει την τοποθέτηση πρόσθετων κυκλωμάτων σε κάθε pixel, και αυτό το έχουν εκμεταλλευθεί οι κατασκευαστές για να μειώσουν τον συνολικό αριθμό περιφερειακών μονάδων.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΥΡΟΣ

Ως θόρυβος μπορεί να οριστεί κάθε πληροφορία που εμφανίζεται στην τελική εικόνα, η οποία δεν ταυτίζεται με το αρχικό θέμα και κατ' επέκταση δε γίνεται αποδεκτή. Οι μικροί αισθητήρες που ενσωματώνουν μικρά pixels είναι περισσότερο επιρρεπείς στην εμφάνιση ηλεκτρονικού θορύβου και χρωματικών εκτροπών.

Οι χρωματικές εκτροπές οφείλονται στα οπτικά στοιχεία του φακού και συνδέονται άμεσα με το μέγεθος των pixels. Ειδικά όταν χρησιμοποιείται ευρυγώνιος φακός με ένα αισθητήρα υψηλής ανάλυσης (και μικρό μέγεθος pixel), στα άκρα της εικόνας εμφανίζονται χρωματικές εκτροπές ως αποτέλεσμα της προβολής των διαφορετικών μηκών κύματος στα γειτονικά pixels.

Όταν μιλάμε για θόρυβο, εννοούμε τον ηλεκτρονικό, εκείνον δηλαδή που μπορεί να εμφανιστεί ανά πάσα στιγμή (random noise) και ο οποίος οφείλεται σε μια σειρά παραγόντων μεταξύ των οποίων είναι η ποιότητα, η λειτουργία και ο τύπος του αισθητήρα. Οι αισθητήρες CMOS παράγουν περισσότερο θόρυβο επειδή ακριβώς διαθέτουν περισσότερα κυκλώματα πάνω στο ίδιο τσιπ, κάτι που κάνει την απώλεια ή τη λανθασμένη ανάγνωση των ηλεκτρικών φορτίων, συχνότερη. Θόρυβο όμως παρουσιάζουν και οι αισθητήρες CCD.

Και στους δύο τύπους αισθητήρων, ένας βασικός λόγος της ύπαρξης και δημιουργίας θορύβου είναι η ανομοιογενής κατασκευή των pixels και η ατελής λειτουργία τους. Ένα από τα προβλήματα είναι ότι κάποια από αυτά παράγουν ένα ποσό ηλεκτρικού φορτίου ακόμα και όταν εκτεθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο απόλυτο μαύρο. Για το λόγω αυτό ο ηλεκτρονικός θόρυβος γίνεται περισσότερο ορατός στις πιο σκοτεινές περιοχές της εικόνας.

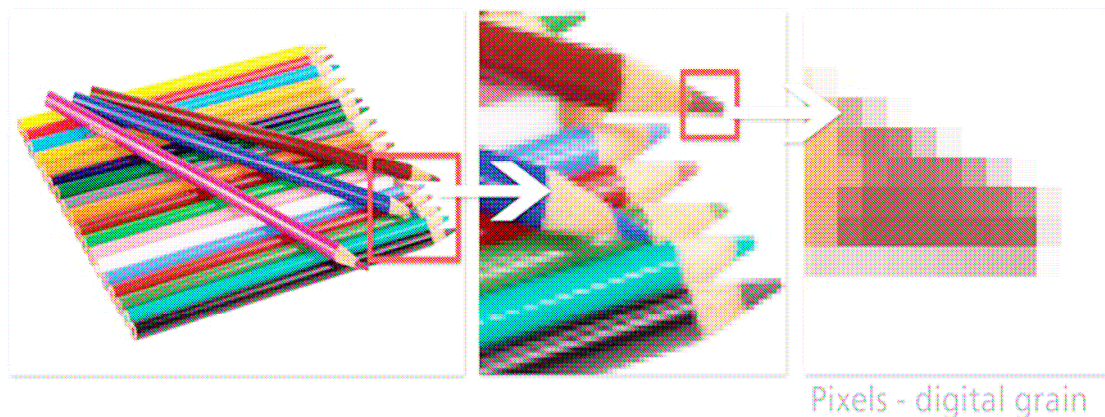
Ο θόρυβος αυξάνεται κάθε φορά που μεγαλώνει η ευαισθησία λήψης, κάθε φορά που αυξάνεται η τιμή των ISO. Αυτό συμβαίνει γιατί η αύξηση της ευαισθησίας μεταφράζεται σε υπερφόρτιση της επιφάνειας του αισθητήρα με ηλεκτρόνια.

Ένας παράγοντας που ευθύνεται για την παρουσία εντονότερου θορύβου είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας του αισθητήρα. Έχει υπολογιστεί πως ο θόρυβος πρακτικά διπλασιάζεται, κάθε φορά που η θερμοκρασία ανεβαίνει 6-8 °C.

Το δυναμικό εύρος είναι ένα ακόμα χαρακτηριστικό των αισθητήρων που επηρεάζει καθοριστικά την ποιότητα της ψηφιακής φωτογραφίας. Το δυναμικό εύρος περιγράφει την ικανότητα του αισθητήρα να αναγνώσει /διακρίνει λεπτομέρειες του θέματος ανάμεσα στις πιο σκοτεινές και πιο φωτεινές περιοχές χωρίς να οδηγήσει ούτε σε απώλειες στα highlights αλλά ούτε και σε “μπουκωμένα” shadows. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος σκοτεινών-φωτεινών τόνων, στο οποίο οι λεπτομέρειες παραμένουν ορατές, τόσο το καλύτερο. Ένας αισθητήρας με περιορισμένο εύρος θα δώσει εικόνες που παρουσιάζουν είτε απώλειες στα πιο σκοτεινά σημεία της εικόνας είτε στις πιο φωτεινές περιοχές. Η απόδοση του δυναμικού εύρους και η παρουσία θορύβου στις υψηλές ευαισθησίες λήψης συνδέεται άμεσα με το μέγεθος της φωτοδιόδου και το συντελεστή πλήρωσής του. Μεγαλύτερη φωτοδιόδος σημαίνει καλύτερο δυναμικό εύρος, χαμηλότερα επίπεδα θορύβου και συνολικά μεγαλύτερη ευαισθησία.

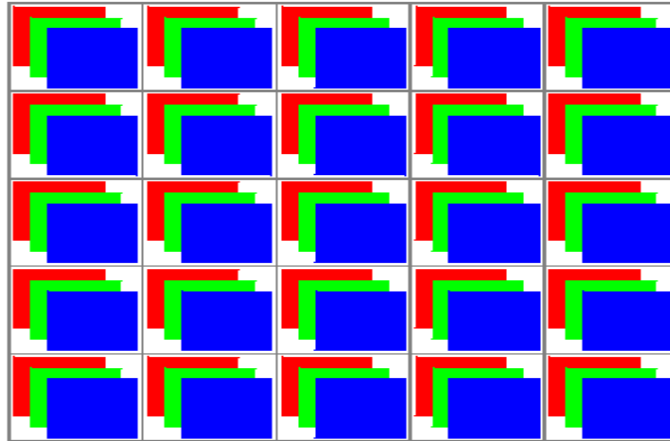
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Τα εικονοστοιχεία των αισθητήρων δεν μπορούν να αποδώσουν κανένα χρώμα παρά μόνο 256 τόνους του γκρι. Δίνουν λοιπόν τιμές που κυμαίνονται από το μηδέν (για το απόλυτο μαύρο) μέχρι το 255 (για το απόλυτο λευκό). Το χρώμα όμως είναι απαραίτητο σε μια φωτογραφία. Για το λόγο αυτό, έχουν επινοηθεί διάφοροι τρόποι προκειμένου να δημιουργηθεί , έστω και με πλάγιο τρόπο. Ο συνηθέστερος είναι να καλύπτεται κάθε εικονοστοιχείο του αισθητήρα με ένα έγχρωμο φίλτρο.



Το φίλτρο αυτό μπορεί να είναι κόκκινο, πράσινο ή μπλε (R G B). Τα τρία αυτά χρώματα ονομάζονται βασικά και από τη σύνθεσή τους (προσθετική μέθοδος) μπορούν να προέλθουν όλα τα υπόλοιπα. Το ηλεκτρικό φορτίο που δίνει κάθε ρixel, μεταφράζεται σε μια τιμή, από 0 έως το 255, αντιστοιχεί σε ένα από τα τρία αυτά χρώματα.

Το φιλτράρισμα των pixels δημιουργεί ένα μωσαϊκό τιμών βασικών χρωμάτων (σχήμα 25) που όμως δε θυμίζει την έγχρωμη φωτογραφία που όλοι γνωρίζουμε. Προκειμένου να αποδοθεί το φωτογραφικό θέμα σωστά , πρέπει να υπάρξει μια διαδικασία “από-μωσαϊκοποίησης” που, σε ελεύθερη απόδοση, μπορεί να ονομαστεί χρωματική σύνθεση (demosaicing).



Σχήμα 25

Το demosaicing είναι μια από τις εργασίες που αναλαμβάνει να κάνει ο επεξεργαστής της φωτογραφικής μηχανής. Σκοπός του είναι να δοθεί σε κάθε pixel το σωστό χρώμα. Για να γίνει αυτό είναι απαραίτητα να συνεκτιμηθούν οι τιμές των γειτονικών pixels.

Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι ψάχνουμε το χρώμα ενός pixel και το κάθε ένα από τα τρία γειτονικά δίνει τιμή 128 (128μπλε, 128κόκκινο, 128πράσινο). Σε αυτή την περίπτωση, το πιθανότερο είναι το υπό αναζήτηση pixel να έχει το χρώμα του ουδέτερου γκρι.

Στην πραγματικότητα η συνεκτίμηση περιλαμβάνει μια ομάδα τουλάχιστον οκτώ γειτονικών εικονοστοχείων.

MEGAPIXELS

Ο αισθητήρας αποτελείται από χιλιάδες pixels. Τα φωτοευαίσθητα αυτά στοιχεία pixels είναι διατεταγμένα πάνω στον αισθητήρα σε σειρές και στήλες. Όσο πιο μεγάλο είναι το νούμερο αυτό, τόσο μεγαλύτερη εικόνα σε διαστάσεις λαμβάνουμε στον υπολογιστή και τόσο καλύτερη εκτύπωση εικόνας έχουμε. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των pixels που βρίσκονται σε σειρές με αυτόν σε στήλες βρίσκουμε την ανάλυση της μηχανής, δηλαδή τα megapixels (MP). Για παράδειγμα το 1 MP μας δίνει εικόνα 1280x960 pixels στην οθόνη του υπολογιστή. Το μέγεθος αυτό δεν μας επιτρέπει να εκτυπώσουμε φωτογραφίες κλασικού μεγέθους 13x18 cm. Χρησιμοποιείτε μόνο για μικρότερες φωτογραφίες. Στα 2 MP η ποιότητα της εκτυπώσιμης

φωτογραφίας βελτιώνεται αισθητά με αποδεκτή ποιότητα, αλλά παραμένει αρκετά κάτω από το μέσο όρο των αναλογικών φωτογραφιών. Στα 3 με 4 MegaPixels αγγίζουμε θεωρητικά το απόλυτο νούμερο των 300 dpi/ίντσα και η εκτυπώσιμη φωτογραφία είναι ελάχιστα κατώτερη από την αναλογική (οι διαφορές είναι δύσκολο έως αδύνατο πολλές φορές να εντοπιστούν με γυμνό μάτι). Το dpi (Dots Per Inch), δηλαδή ο αριθμός κουκίδων ανά ίντσα, είναι κάτι που προσδιορίζει τον εκτυπωτή. Πόσο δηλαδή μελάνι θα βάλει σε μήκος μίας ίντσας. Οι μηχανές από 3 έως και 4MP μπορούν να δώσουν φωτογραφίες μεγέθους ακόμα και σελίδας A4 με πολύ καλά αποτελέσματα. Από εκεί και πέρα υπάρχουν ψηφιακές μηχανές με 5, 6, 8, 12 κτλ MegaPixels.

Ο αριθμός πυκνότητας των pixels σε μία φωτογραφία για να είναι ορατός ως ομοιόμορφος και συνεχόμενος από το ανθρώπινο μάτι είναι από 240 έως 360 ppi. Το ppi (Pixels Per Inch), δηλαδή ο αριθμός των pixels ανά ίντσα, μας δείχνει το πόσο πυκνά είναι τα pixels στην εικόνα μας, και χρησιμοποιείται σε εικόνες άυλες όπως η οθόνη του υπολογιστή. Έτσι ο αποδεκτός αριθμός pixels που χρησιμοποιούν οι εκτυπωτές των φωτογραφιών είναι 300 ppi. Έτσι με αυτή τη σταθερά, για να βρω τη διαστάσεις που μπορεί να εκτυπωθεί η φωτογραφία μου δεν έχω παρά να διαιρέσω τον αριθμό των pixels με το 300.

Για παράδειγμα αν πάρουμε μία εικόνα με διαστάσεις 1800x1200 pixels διαιρώ $1800:300=6$ και $1200:300=4$, και έχω σε ίντσες 6x4, που σε εκατοστά είναι περίπου 15x10. Παρακάτω παραθέτουμε έναν ενδεικτικό πίνακα μεγεθών και megapixels. Αυτό είναι και το μεγαλύτερο μέγεθος που μπορεί να εκτυπωθεί η φωτογραφία με την απαιτούμενη ευκρίνεια.

Αν θέλουμε να εκτυπωθεί σε μεγαλύτερο μέγεθος ή θα πρέπει να αυξήσουμε τα megapixels ή να αφήσουμε το μηχάνημα εκτύπωσης να κάνει τη δική του αυτόματη προσαρμογή (interpolation) για να την φέρει στην ανάλυση που πρέπει, προσπαθώντας να μη χάσει την ευκρίνεια. Θα πρέπει όμως να έχουμε κατά νου ότι από εικόνες μεγάλων αναλύσεων μπορούμε να παράγουμε μικρότερες, ενώ από εικόνες μικρής ανάλυσης δεν μπορούμε να πάμε σε μεγαλύτερης χωρίς να χάσουμε σημαντικό μέρος από την ευκρίνεια και την ποιότητα της εικόνας.

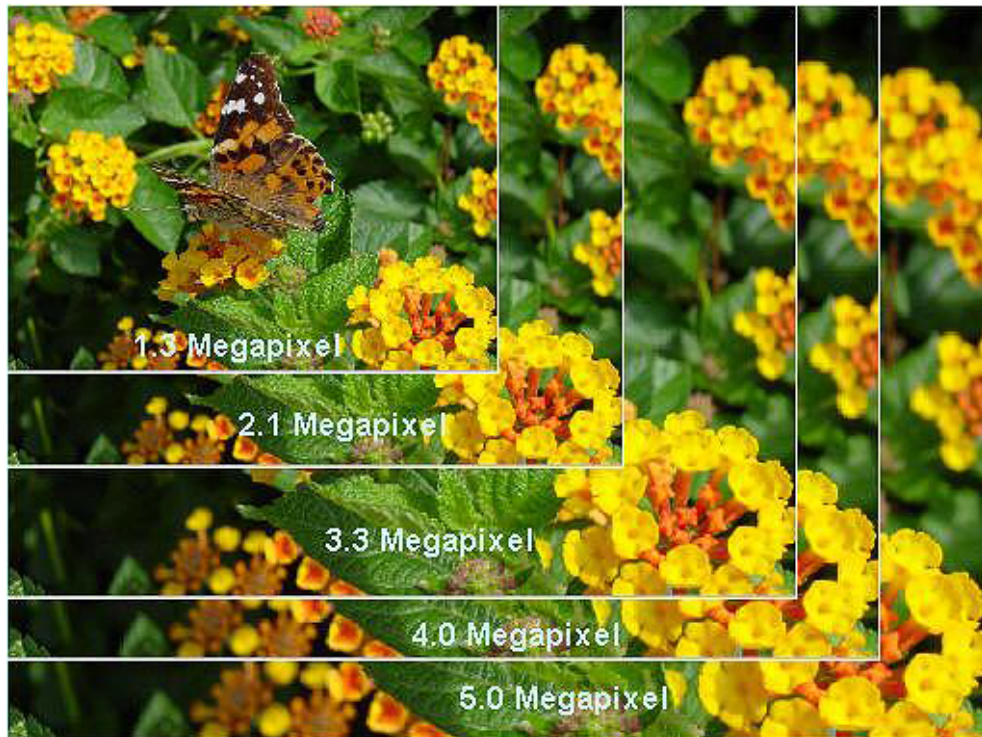
MegaPixels	Ανάλυση	Ίντσες	Εκατοστά(cm)
------------	---------	--------	--------------

21.0	5616x3744	18,7x12,5	48x32
16.6	4992x3328	16,6x11,1	42x28
11.0	4080x2720	13,6x9,1	35x23
10.1	3888x2592	13,0x8,6	33x22
8.2	3504x2336	11,7x7,8	30x20
5.3	2816x1880	9,4x6,3	24x16
4.3	2544x1696	8,5x5,7	22x14
2.5	1936x1288	6,5x4,3	16x11
2.0	1728x1152	5,8x3,8	15x10

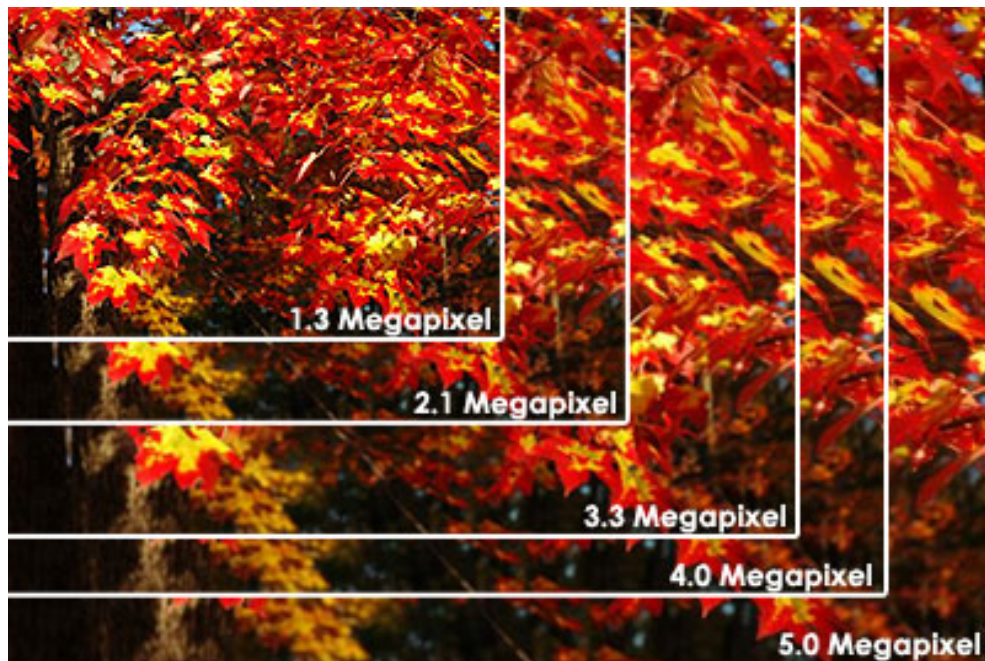
Ενδεικτικός πίνακας μεγεθών και megapixel

Η ανάλυση με την οποία τραβιέται μια φωτογραφία από μια φωτογραφική μηχανή με συγκεκριμένο αισθητήρα έχει άμεση σχέση με τη δυνατότητα σμίκρυνσης αυτής της φωτογραφίας. Εάν φωτογραφίσουμε στα 8.2 MP με ανάλυση 3504x2336 τότε χωρίς να χαθεί τμήμα της φωτογραφίας μπορούμε να την εκτυπώσουμε σε διάσταση 20x30 και 10x15 εκατοστά (cm). Όμως δεν θα μπορέσουμε να την εκτυπώσουμε σε διάσταση 13x18 εκατοστά (cm), γιατί εάν μικρύνουμε το μήκος σε 18 εκ τότε το πλάτος θα γίνει 12, ενώ εάν μικρύνουμε το πλάτος σε 13 εκ. το μήκος θα γίνει 19,5 εκ. και ένα κομμάτι 13x1,5 εκ. δεν θα εκτυπωθούν.

Στις φωτογραφίες 1 και 2 φαίνεται η σχέση της ανάλυσης του αισθητήρα με το μέγεθος της φωτογραφίας που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Όταν αυξάνεται η ανάλυση μεγαλώνει το μέγεθος της φωτογραφίας που φαίνεται στην οθόνη του υπολογιστή, και είναι ομοιόμορφη και τα pixels συνεχόμενα.



Φωτ. 1



Φωτ. 2

Η φωτογραφία 3 είναι τραβηγμένη με ανάλυση 2580X1920 δηλαδή από φωτογραφική μηχανή με αισθητήρα 5 MegaPixels και έχει εκτυπωθεί σε μέγεθος 3,75x5 cm, είναι μια φωτογραφία μικρής ευκρίνειας. Αν θελήσουμε να την εκτυπώσουμε σε μέγεθος 12,75x17,00 cm (φωτ.3α) θα

παρατηρήσουμε ότι η φωτογραφία είναι καλύτερης ποιότητας. Η εκτύπωση της ίδιας φωτογραφίας σε μέγεθος 22,5x30 cm (φωτ.3β) προκαλεί μικρή αλλοίωση της ποιότητας της φωτογραφίας. Η εκτύπωση της ίδιας φωτογραφίας σε ακόμα μεγαλύτερο μέγεθος 75x100 cm έχει σαν αποτέλεσμα μια φωτογραφία κακής ποιότητας (φωτ. 3γ). Όταν η ίδια φωτογραφία εκτύπωθει σε μέγεθος 150x200 cm έχουμε αλλοίωση της (φωτ.3δ) .



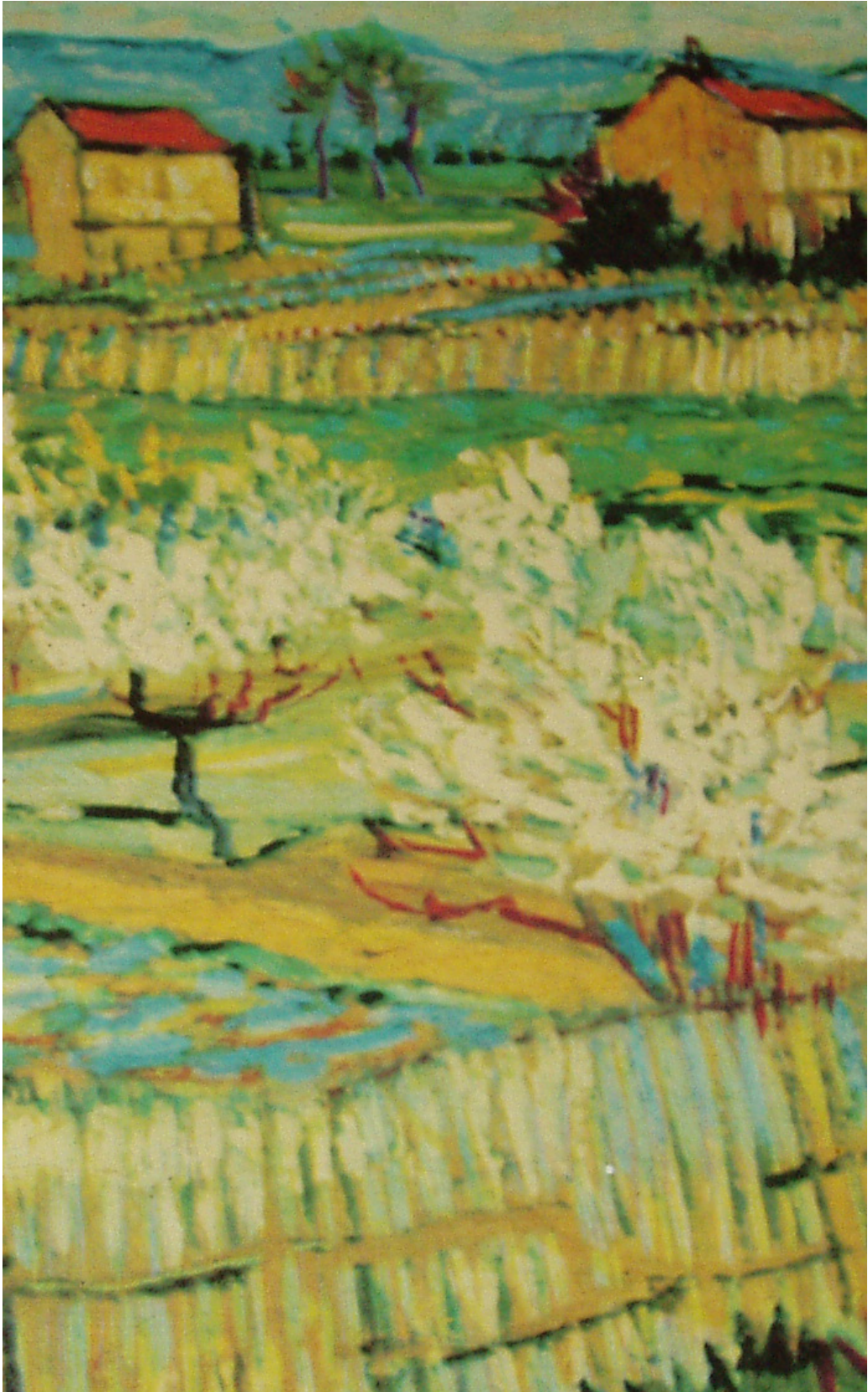
Φωτ.3 - 3,75x5 cm



Φωτ.3α-12,75x17,00cm



Φωτ.3β-22,5x30 cm



Φωτ.3γ-75x100 cm



Φωτ. 3δ-150x200cm

Στη φωτογραφία 4, φαίνεται μια φωτογραφία τραβηγμένη με ανάλυση 1024x768 pixels, δηλαδή η φωτογραφική μηχανή έχει αισθητήρα 0,8 MP, εκτυπωμένη σε μέγεθος 3,75x5cm.



Φωτ. 4

Η παραπάνω φωτογραφία αν εκτυπωθεί σε μέγεθος 12,75x17 cm θα δώσει τη φωτογραφία 4α.



Φωτ. 4α

Όταν η εκτύπωση της παραπάνω φωτογραφίας γίνει σε ακόμα μεγαλύτερο μέγεθος 22,5x30 cm το αποτέλεσμα δεν είναι καλής ποιότητας (φωτ. 4β).



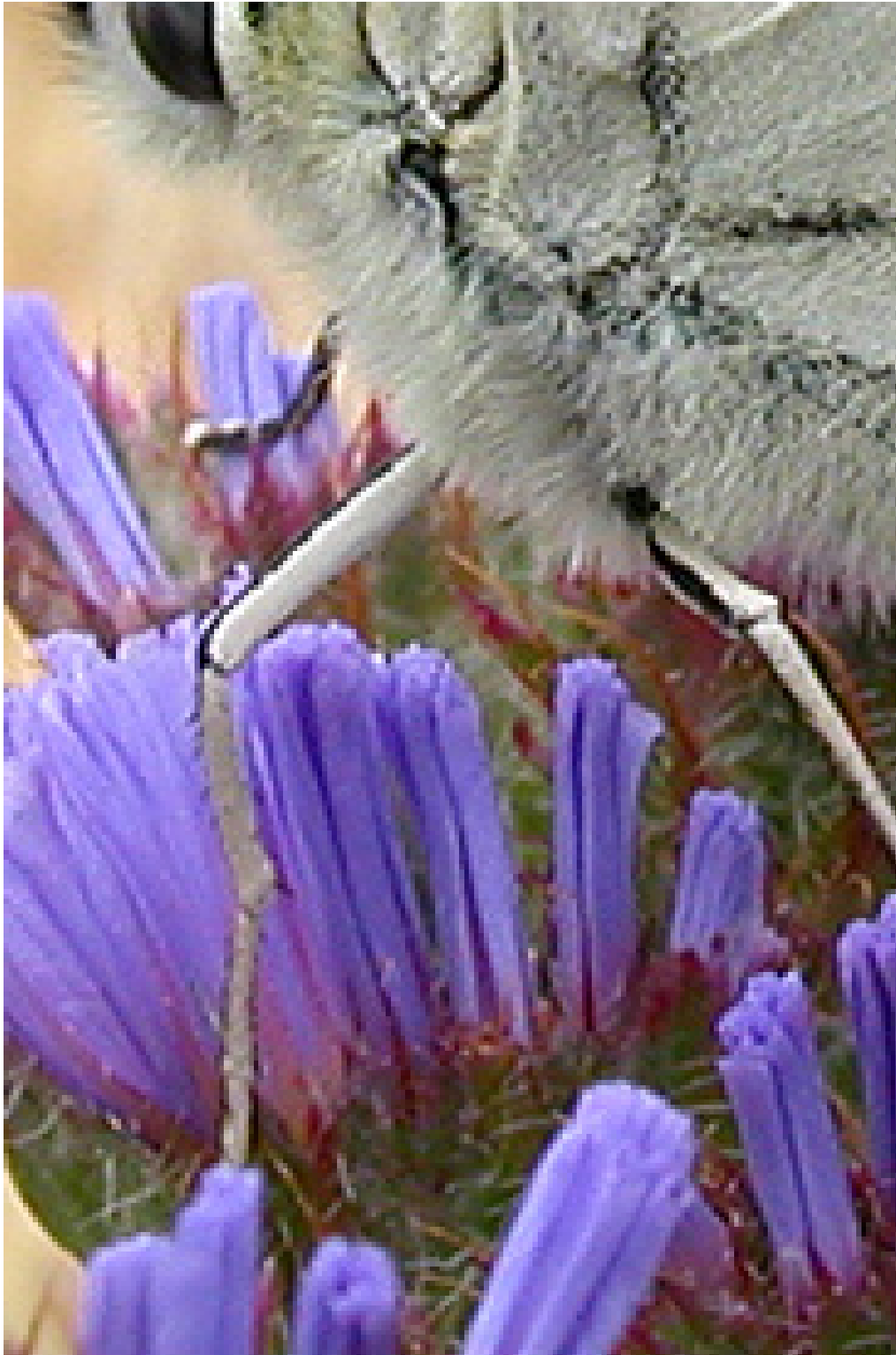
Φωτ. 4β

Η φωτογραφία 4γ δείχνει το αποτέλεσμα της εκτύπωσης όταν η φωτογραφία που τραβήχτηκε με ανάλυση 1024 X 768 pixels, εκτυπωθεί σε μέγεθος 75x100cm.



Φωτ. 4γ

Στη φωτογραφία 4δ φαίνεται μέρος της ίδιας φωτογραφίας εκτυπωμένη σε μέγεθος εκτύπωσης 112,5x150 cm.



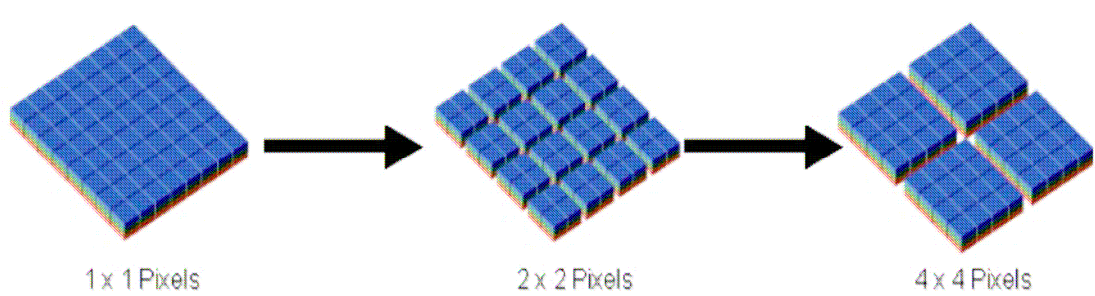
Φωτ. 4δ

Καλό είναι να τραβάμε εικόνες υψηλής ανάλυσης, παρότι καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο στα αποθηκευτικά μέσα. Όμως αξίζει το κόπο αφού οι υψηλές αναλύσεις μας δίνουν το περιθώριο του κοψίματος των φωτογραφιών, να εκτυπώσουμε δηλαδή μόνο το τμήμα της φωτογραφίας που μας ενδιαφέρει και να έχουμε ακόμη, έναν ικανοποιητικό αριθμό megapixels ώστε να βγει με καλή ποιότητα η φωτογραφία μας.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι φωτογραφίες που ακολουθούν. Η εικόνα 1 έχει τραβηχτεί με ανάλυση 1,3 MP. Όταν γίνει μεγέθυνση ενός τμήματός της (ρολόι), η εικόνα που παίρνουμε είναι μια φωτογραφία κακής ποιότητας. Στην εικόνα 2 η ίδια φωτογραφία έχει τραβηχτεί με ανάλυση 5,0 MP. Η μεγέθυνση του ίδιου τμήματος (ρολόι), δίνει μια φωτογραφία καλύτερης ποιότητας από την προηγούμενη. Όταν η ίδια φωτογραφία τραβηχτεί με ανάλυση 10 MP, μεγεθύνοντας το ρολόι με τον ίδιο τρόπο που έγινε η μεγέθυνση τις δύο προηγούμενες φορές, θα δούμε ότι σε αυτή τη φωτογραφία φαίνονται όλες η λεπτομέρειες του ρολογιού. Άρα οι μεγάλες αναλύσεις δίνουν τη δυνατότητα να τυπώσουμε σε μεγέθη μεγαλύτερα από το κλασσικό 15x10 εκατοστά, ακόμη και αφίσες.

Η ΜΑΧΗ ΤΩΝ MEGAPIXELS

Οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές αποτελούν μια πρώτης τάξεως ευκαιρία εμπορικής εκμετάλλευσης, για όλες τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο τομέα της παραγωγής φωτογραφικών μηχανών και καταναλωτικών ηλεκτρονικών ειδών. Η ψηφιακή τεχνολογία άλλαξε ριζικά τις ισορροπίες στο χώρο, επιτρέποντας σε πολλές νέες εταιρείες να μπουν στο παιχνίδι. Στη συνεχή ζήτηση, από την πλευρά των καταναλωτών, για ολοένα καλύτερη ποιότητα εικόνας, όλες οι εταιρείες απάντησαν με ένα συγκεκριμένο τρόπο: αυξάνοντας τον αριθμό των megapixels του αισθητήρα.



Η αύξηση της ανάλυσης μιας ψηφιακής μηχανής μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: είτε με αύξηση της επιφάνειας του αισθητήρα, είτε με μείωση του μεγέθους των pixels.

Στην πρώτη περίπτωση σε μεγαλύτερο διαθέσιμο χώρο θα μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερα φωτοευαίσθητα στοιχεία. Το μόνο πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι η κατακόρυφη αύξηση του κόστους παραγωγής.

Στη δεύτερη περίπτωση μικραίνουν τα εικονοστοιχεία, ούτως ώστε στον ίδιο χώρο να τοποθετηθούν περισσότερα. Όσο όμως μικραίνουν τα εικονοστοιχεία, τόσο μεγαλώνουν τα προβλήματα που παρουσιάζονται. Εκτός από την αύξηση του θορύβου, οι αισθητήρες με μικρά pixels αντιμετωπίζουν πρόβλημα στην πιστότητα απόδοσης των χρωμάτων. Ο λόγος είναι ότι γεμίζουν με φωτόνια πολύ γρηγορότερα από το ιδεατό, φθάνοντας έτσι στον κορεσμό ταχύτερα από το αναμενόμενο. Με τον τρόπο αυτό η αλλοίωση των χρωμάτων είναι αναπόφευκτη. Αν για παράδειγμα ένα pixel δώσει τιμή 140R αντί για 120R, το τελικό χρώμα που θα αποδοθεί θα είναι πολύ διαφορετικό από το πραγματικό.

Στην τελική απόδοση των χρωμάτων συμβάλλει καθοριστικά και ο τρόπος επεξεργασίας του σήματος. Η ταχύτερη πλήρωση των μικρών φωτοδιόδων ευθύνεται επίσης για το περιορισμένο δυναμικό εύρος στην απόδοση της τονικότητας και για ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα που συναντάμε στις ψηφιακές φωτογραφίες, δηλαδή την απώλεια οπτικής πληροφορίας που παρουσιάζουν οι πολύ φωτεινές περιοχές της εικόνας.

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Τα κέντρα έρευνας και εξέλιξης όλων των εταιριών εργάζονται πυρετωδώς, μια και ο ανταγωνισμός είναι πολύ μεγάλος. Ας δούμε τις τελευταίες εξελίξεις στο χώρο των αισθητήρων.

Η *Kodak* σχεδιάζει ένα νέο αισθητήρα που προσφέρει αυξημένη ευαισθησία στο φως από 2X έως 4X σε σχέση με τους χρησιμοποιούμενους αισθητήρες, κάνοντας έτσι εύκολη τη λήψη εικόνων σε χαμηλό φως. Επιπρόσθετα η νέα τεχνολογία κάνει δυνατή τη σχεδίαση μικρότερων εικονοστοιχείων, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερη ανάλυση για ένα δεδομένο φορμά. Σήμερα οι χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες βασίζονται στη διάταξη "Bayer", όπου τα μισά εικονοστοιχεία συλλέγουν πράσινο φως, ενώ τα υπόλοιπα μοιράζονται ανάμεσα στο κόκκινο και μπλε.

Ο νέος αισθητήρας χρησιμοποιεί μια καινούργια διάταξη, όπου ανάμεσα στα υπάρχοντα πράσινα, κόκκινα και μπλε εικονοστοιχεία, τοποθετούνται πανχρωματικά εικονοστοιχεία, τα οποία είναι ευαίσθητα σε όλα τα μήκη κύματος του φωτός. Έτσι τα εικονοστοιχεία αυτά συλλέγουν περισσότερο φως και επιτρέπουν σε ένα ασπρόμαυρο θέμα να καταγραφεί με υψηλότερη ευαισθησία. Τα υπόλοιπα εικονοστοιχεία χρησιμοποιούνται για να καταγράψουν τη χρωματική πληροφορία της εικόνας. Η διάταξη των πανχρωματικών στοιχείων μέσα στον αισθητήρα εξαρτάται από την χρήση για την οποία αυτός προορίζεται και έχει σχέση με την ισορροπία ανάμεσα σε ευαισθησία και χρωματική πληροφορία. Για την αναπαραγωγή της τελικής εικόνας η *Kodak* έχει σχεδιάσει ένα νέο λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιεί τα πανχρωματικά εικονοστοιχεία σαν οδηγό για την φωτεινότητα της εικόνας και τα υπόλοιπα για τις χρωματικές πληροφορίες. Αρχικά η εταιρία θα υλοποιήσει την τεχνολογία σε αισθητήρες CMOS για ψηφιακές μηχανές και κινητά τηλέφωνα.

Η *Sony* παρουσίασε τον IMX021, ένα νέο αισθητήρα ίσως όχι τόσο ριζοσπαστικό από άποψη σχεδίασης, αλλά που αποτελεί εξέλιξη των ήδη χρησιμοποιούμενων. Πρόκειται για ένα αισθητήρα CMOS, διαστάσεων APS, με ανάλυση 12,47 ενεργών MP (MegaPixels). Η χρησιμοποίηση νέου μετατροπέα αναλογικού / ψηφιακού σήματος (Column – Parallel A/D Conversion Technique) καθώς και νέου επεξεργαστή κάνει δυνατή τη συνεχή φωτογράφιση με ταχύτητα 10 καρέ/sec, και επίσης δίνει βελτιωμένη ποιότητα εικόνας και λιγότερο θόρυβο. Η διάταξη αυτή επιτρέπει στα αναλογικά σήματα

να μεταφέρονται από τις γραμμές του αισθητήρα στον μετατροπέα άμεσα, μέσω της μικρότερης δυνατής διαδρομής. Επίσης, ελαχιστοποιεί την μείωση της ποιότητας της εικόνας που προκαλείται από θόρυβο, ενώ ταυτόχρονα δίνει εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα μετατροπής σήματος. Επίσης, επειδή η επεξεργασία γίνεται παράλληλα για κάθε στήλη, ακόμα και αν ο αριθμός των εικονοστοιχείων ή των καρέ αυξηθεί, η μετατροπή αναλογικού /ψηφιακού σήματος γίνεται σε σημαντικά χαμηλότερες συχνότητες σε σχέση με συμβατικά συστήματα. Η βελτιωμένη ποιότητα εικόνας που δίνει ο νέος αισθητήρας είναι αποτέλεσμα της προηγμένης επεξεργασίας θορύβου που βασίζεται στη μοναδική σχεδίαση κυκλώματος, την μικροτεχνολογία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των εικονοστοιχείων καθώς και τις τεχνολογίες καθαρισμού και φιλτραρίσματος χρωμάτων.

Η *Panasonic* παρουσίασε ένα νέο MOS αισθητήρα, ο οποίος είναι εξαιρετικά ανθεκτικός σε θερμότητα, ακτίνες UV και ο οποίος αντέχει να εκτεθεί σε άμεσο ηλιακό φως για πάνω από 20 χρόνια. Ο νέος αισθητήρας έχει μικροφακούς και έγχρωμα φίλτρα στα εικονοστοιχεία κατασκευασμένα από ανόργανα υλικά που έχουν μεγάλη αντοχή. Οι συμβατικοί αισθητήρες MOS έχουν μικροφακούς και έγχρωμα φίλτρα στα εικονοστοιχεία που είναι εύθραυστα και εξαιρετικά ευαίσθητα στο ηλιακό φως και την αλλαγή θερμοκρασίας. Επιπλέον τα έγχρωμα φίλτρα από ανόργανα υλικά χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά και τα φίλτρα αυτά είναι δυνατό να συλλέξουν οποιοδήποτε χρώμα από UV μέχρι υπέρυθρο.

Πηγές :

Βιβλίο του Peter Elgar “Sensors for Measurement and Control”
Περιοδικό “Φωτογράφος”
Δημοσιεύσεις σε ιστοσελίδες στο Internet