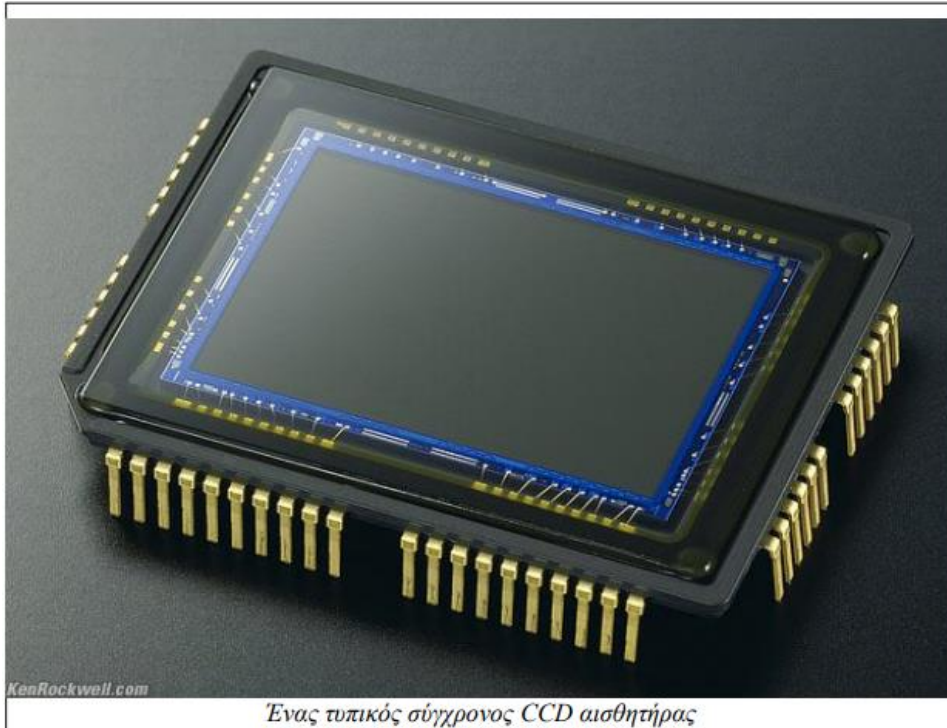


ΔΟΜΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΑ ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΥ



KenRockwell.com

Ένας τυπικός σύγχρονος CCD αισθητήρας

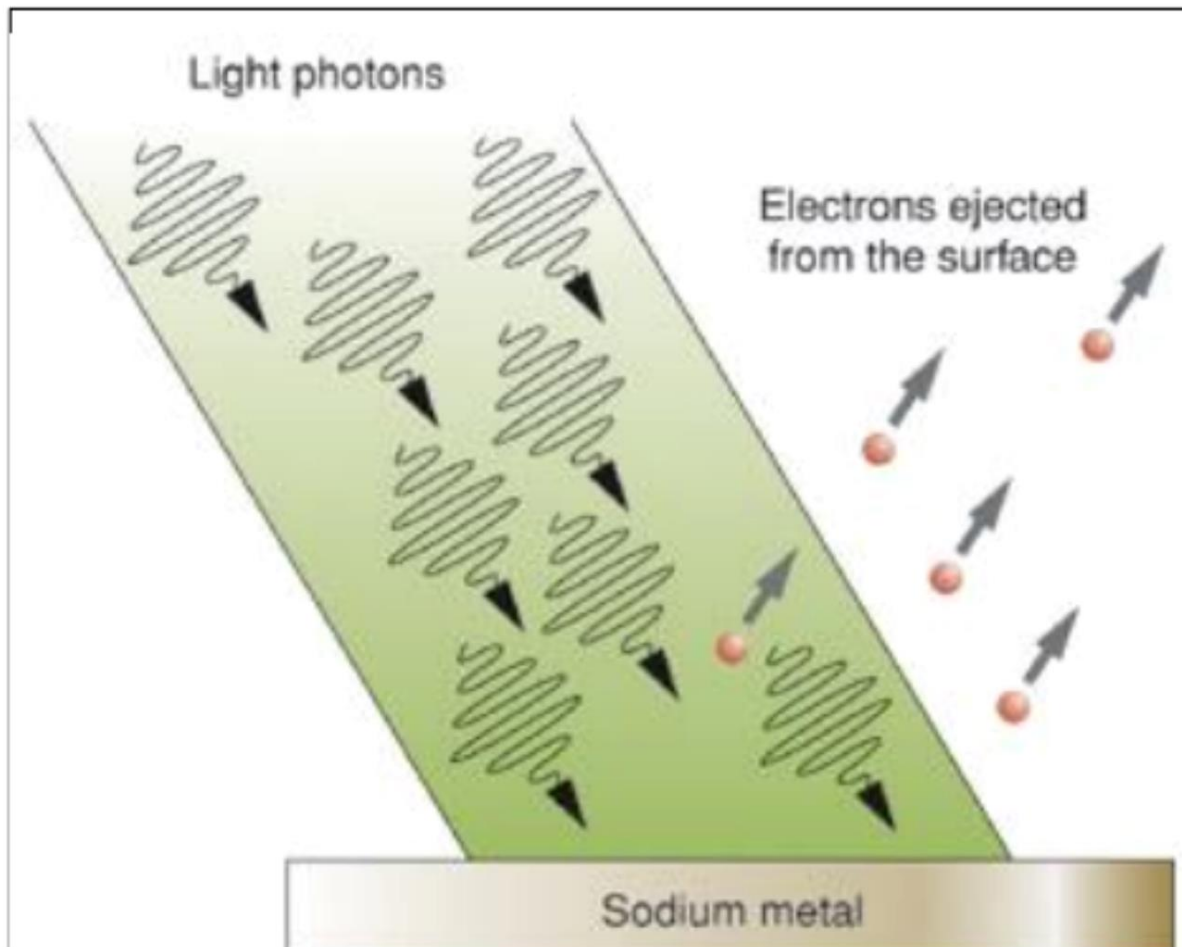
- Στη φωτογραφική γλώσσα όταν αναφερόμαστε σε αισθητήρες (sensors) εννοούμε τη συσκευή εκείνη που, όντας φωτοευαίσθητη, μετατρέπει την αναλογική πληροφορία, το φως δηλαδή, σε ψηφιακό σήμα για περαιτέρω επεξεργασία. Τα φωτόνια περνάνε μέσα από το φωτογραφικό φακό συσσωρεύονται στον αισθητήρα και μετατρέπονται σε ηλεκτρικό ρεύμα και στη συνέχεια σε pixel, συνήθως σε εκατομμύρια pixel, τα οποία συνθέτουν μια εικόνα. Η εικόνα εκείνη αφού έχει αποτυπωθεί μπορεί να φανεί στην LCD οθόνη της φωτογραφικής μηχανής, σε μόνιτορ, να μεταφερθεί σε υπολογιστή για επεξεργασία κλπ. Στις σημερινές ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές.

θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τους αισθητήρες σε δύο μεγάλες κατηγορίες: **CCD (Charge Couples Device)** και **CMOS (Complementary Metal Oxide System)**.

Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

- Η αρχή της λειτουργίας ενός ψηφιακού αισθητήρα CMOS ή CCD βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο έχει να κάνει με την αντίδραση των μετάλλων όταν σε αυτό προσκρούουν φωτόνια.
- Στην αρχή όμως του 20ού αιώνα μια συγκεκριμένη αντίδραση των μετάλλων τράβηξε τη προσοχή της επιστημονικής κοινότητας. Ήταν το γεγονός πως όταν μέταλλα ζεσταίνονται εκλύουν ηλεκτρόνια! Πράγματι αυτό το φαινόμενο το εκμεταλλεύτηκε η τότε βιομηχανία και κατασκευάστηκαν έτσι οι τηλεοράσεις ραδιόφωνα κ.α. Λοιπόν όταν μια δέσμη φωτός προσκρούει σε ένα καθαρό και γυαλιστερό κομμάτι μετάλλου αυτομάτως εκλύονται ηλεκτρόνια. Επόμενο ήταν να σκεφτεί κανείς ότι όσο μεγαλύτερη η ένταση του φωτός τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια θα εκλύονται. Αυτό καμιά φορά συνέβαινε αλλά δεν ήταν πάντα έτσι.

- Την απάντηση σε αυτό το μυστήριο ήρθε να δώσει ο Αλμπερτ Αϊνστάιν. Ήταν μάλιστα για αυτή του τη διαπίστωση που κέρδισε το βραβείο Νόμπελ Φυσικής το 1921. Ο Αϊνστάιν απέδειξε πως ο παράγοντας που επηρεάζει το αν θα απελευθερωθούν ηλεκτρόνια ή όχι είναι η συχνότητα (f) του φωτός (το χρώμα δηλαδή της ακτινοβολίας) και όχι η ένταση του. Διατύπωσε πως χρειάζεται ένα συγκεκριμένο ποσό ενέργειας για να εξέλθει ένα ηλεκτρόνιο από το μέταλλο. Εάν το προσπίπτων φωτόνιο έχει αυτή την ικανή ενέργεια τότε μπορεί να εκδιώξει ένα ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα του και να του δώσει κινητική ενέργεια, (ένα φωτόνιο για ένα ηλεκτρόνιο δηλαδή), εάν πάλι δεν ξεπεράσει αυτή την ενέργεια κατωφλίου τότε η ενέργεια του φωτονίου απορροφάτε από το περιβάλλον.

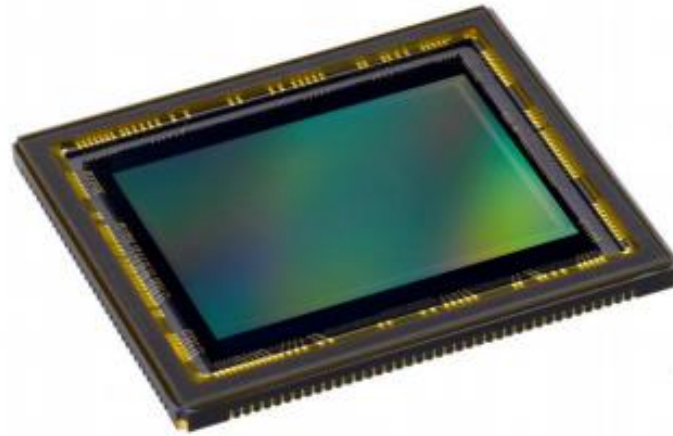


- Τα φωτοευαίσθητα κύτταρα διεγείρονται από το φως, δηλαδή από τα φωτόνια. Η διέγερση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα, λόγω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, την απελευθέρωση ηλεκτρονίων από τα άτομα του διοξειδίου του πυριτίου. Ο αριθμός των ηλεκτρονίων που απελευθερώνονται σε κάθε κύτταρο είναι ανάλογος της ποσότητας φωτός που έχει δεχθεί το συγκεκριμένο κύτταρο. Τα ηλεκτρόνια αυτά καταγράφονται από ένα άλλο ηλεκτρονικό κύκλωμα της ψηφιακής μηχανής, το οποίο τα μετατρέπει σε αριθμούς.
- Οι ψηφιακοί CCD είτε CMOS αισθητήρες κατασκευάζονται από μεταλλικούς ημιαγωγούς, συνήθως πυρίτιο. Η παράδοση ήθελε τους CCD να θεωρούνται ανώτεροι και πιο ποιοτικοί κατασκευαστικά αλλά πλέον η βιομηχανία έχει εξελιχθεί και χρησιμοποιούνται και οι δύο αισθητήρες κατά κόρον και βλέπουμε τα επαγγελματικά μοντέλα των μεγάλων εταιρειών να χρησιμοποιούν πλέον CMOS αισθητήρες.



Ο αισθητήρας στο εσωτερικό μιας φωτογραφικής μηχανής. Μια πλήρης εφαρμογή του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

- Όλοι οι αισθητήρες έχουν τον ίδιο κατασκευαστικό στόχο (μετατροπή φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα) και πλέον όλων των ειδών οι αισθητήρες καταφέρνουν εξαιρετικά αποτελέσματα. Σαν συσκευές κατασκευαστικά είναι και για τις δυο αδύνατο να διακρίνουν χρώμα και για αυτό χρησιμοποιούν ειδικά φίλτρα. Οι διαφορές έγκεινται στο πως διαχειρίζονται το φως αφού το συγκεντρώνουν.
- Για καιρό το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των CMOS, όπως όλα τα CMOS κυκλώματα, είναι ότι είχαν πολύ μικρό κόστος παραγωγής. Έχουν την ίδια διαδικασία κατασκευής όπως τα υπόλοιπα κυκλώματα (για Η/Υ ή άλλες εφαρμογές) της οικογένειας των CMOS, ενώ οι CCD απαιτούν δυσκολότερη διαδικασία κατασκευής και αρκετά πιο δαπανηρή. Οι πρώτοι CMOS σενσορες παράγαν χαμηλότερης ποιότητας εικόνες, αλλά τώρα δεν είναι έτσι.



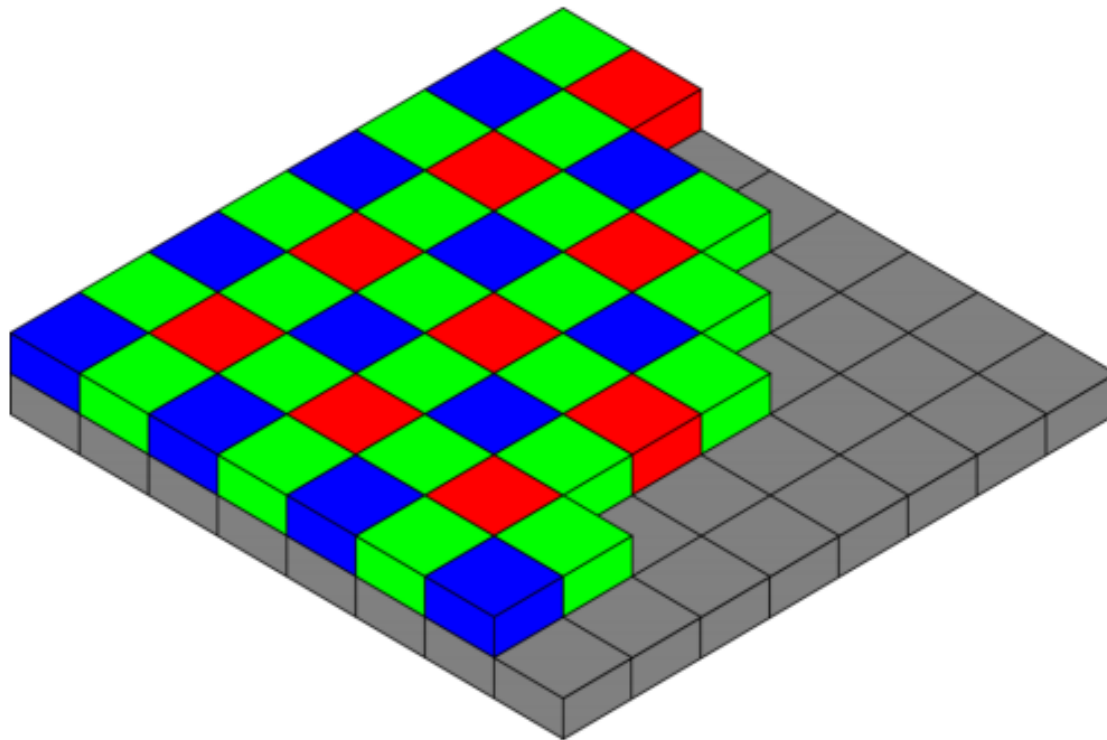
Ένα τυπικό δείγμα ενός σύγχρονου CMOS αισθητήρα

Μερικά από τα δυνατά τους προτερήματα έναντι των CCD είναι:

- Χαμηλότερο κόστος
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας (100 μέχρι 1000 φορές μικρότερη)
- Ευρύτερη δυναμική περιοχή
- Εμφανίζουν blooming σπανιότερα
- Ανάγνωση κάθε pixel μεμονωμένα
- Λειτουργούν σε χαμηλή τάση
- Λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες
- Ενσωματωμένη on-chip επεξεργασία του σήματος
- Μεγάλες συστοιχίες pixel

➤ Για τη **δημιουργία χρώματος** τα φωτοστοιχεία του αισθητήρα επικαλύπτονται με ένα στρώμα από χρωματικά φίλτρα. Πάνω από κάθε φωτοστοιχείο υπάρχει και ένα αντίστοιχο **χρωματικό φίλτρο**, που επιτρέπει μόνο ένα φάσμα, δηλαδή ένα χρώμα να περάσει, δεσμεύοντας τα υπόλοιπα. Έτσι το κάθε pixel αποθηκεύει είτε κόκκινο, είτε πράσινο, είτε μπλε και αγνοεί όλα τα υπόλοιπα χρώματα. Καταλήγουμε δηλαδή να έχουμε pixel που "βλέπουν" μόνο ένα χρώμα. Για παράδειγμα μπορεί ένα pixel να είναι μπλε, το διπλανό του να είναι κόκκινο και το από κάτω να είναι πράσινο. Τα φίλτρα, τώρα, δεν είναι όπως θα περίμενε κανείς παρατεταγμένα ισόποσα. Χρησιμοποιείται ένα μοτίβο που έχει μείνει στην ιστορία με το όνομα Bayer array. Τη συστοιχία bayer εφηύρε ο επιστήμονας Bryce Bayer το 1975. Στο μοτίβο αυτό έχουμε τη πρώτη γραμμή που αποτελείται από πράσινα και κόκκινα φίλτρα εναλλάξ και ακολουθεί η δεύτερη γραμμή με πράσινα και μπλε φίλτρα εναλλάξ όπως στην εικόνα. Δηλαδή τα πράσινα pixel υπερिशύουν, για την ακρίβεια είναι διπλάσια από τα υπόλοιπα.

- Η επιστήμη θέλει το ανθρώπινο μάτι να είναι πιο ευαίσθητο στο πράσινο και στις αποχρώσεις του και σε αυτό το φάσμα να διακρίνει τις περισσότερες διαβαθμίσεις. Γι αυτό και ο διπλάσιος αριθμός πράσινων φίλτρων



Μια συστοιχία bayer τοποθετημένη πάνω απο το φωτοευαίσθητο σενσορα.

Η ανάλυση του αισθητήρα αναφέρεται στην πυκνότητα των pixels που περιέχει (συνήθως ανά τετραγωνική ίντσα). Οι μηχανές χαρακτηρίζονται σύμφωνα με το σύνολο των pixels που περιέχονται στον αισθητήρα (π.χ. 16 MP = 16.000.000 pixel). Θεωρητικά (αλλά δυστυχώς όχι στην πράξη), όσο μεγαλώνει ο αριθμός, τόσο πιο λεπτομερής γίνεται η καταγραφή, δίνοντάς μας περισσότερη πληροφορία. Η απόδοση του αισθητήρα εξαρτάται από το δομικό υλικό του, την ποιότητα των pixels.

Pixel: Το κάθε pixel απεικονίζει μια κουκίδα του θέματος, μ' ένα βαθμό απόχρωσης, που εξαρτάται από το βάθος χρώματός του (bit). Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό, τόσο περισσότερες διαβαθμίσεις προσφέρει, βελτιώνοντας την ακρίβεια της καταγραφής (8 bit αντιστοιχούν με 256 αποχρώσεις, ενώ 12 bit σε 4096). Επίσης η ποιότητα εξαρτάται από το μέγεθος των pixels του αισθητήρα. Όσο μεγαλύτερα είναι, τόσο καλύτερη ποιότητα αποδίδουν (λιγότερο θόρυβο). Το μέγεθος των pixels εξαρτάται από το μέγεθος του αισθητήρα και τον συνολικό αριθμό τους. Έτσι μηχανές με μικρό αισθητήρα (π.χ. φωτοκινητά) έχουν κακή ποιότητα, ενώ ο μεγάλος αριθμός των MP κάποιες φορές λειτουργεί ως μπούμερανκ, επειδή προϋποθέτει αντίστοιχη μείωση του μεγέθους των pixels. Η ποιότητα βαδίζει κλιμακωτά ανάλογα το μέγεθος του αισθητήρα (με κάποιες «φωτεινές» εξαιρέσεις) ως εξής: Μεσαίο φορμά, DSLR full frame, DSLR APS-C, compact, φωτοκινητά.

Διαστάσεις αισθητήρων

Full Frame sensor: Ο full frame sensor έχει διαστάσεις 36mm x 24mm. Τις διαστάσεις δηλαδή ενός καρέ από 35άρι φιλμ.

APS-H sensor: Προκειται για τον Active pixel CMOS sensor, οι διαστάσεις του οποίου είναι 28.7 x 17 mm. Χρησιμοποιείται τόσο από τις μεγάλες DSLR όσο και από τις ποιοτικότερες compact μηχανές. Ο APS-H τύπος σενσορα συνδυάζει ένα σχετικά μεγάλο μέγεθος με λιγότερα pixel. Λόγω του μικρότερου του μεγέθους έχει 1.3x crop factor.

APS-C sensor: Τα περισσότερα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι φανατικοί οπαδοί των DSLR (Canon, Nikon, Pentax και Sony) έχουν έναν APS-C σένσορα. Αλλά δεν είναι όλοι οι APS-C ίδιοι ούτε ίσοι. Οι APS-C Canon για παράδειγμα είναι 22.2 x 14.8mm, ενώ στις Sony, Pentax, Fuji και Nikon οι διαστάσεις κυμαίνονται από 23.5 x 15.6 mm μέχρι 23.7 x 15.5 mm με crop factor περίπου x1.6.



*The size difference between a Full Frame
and APS-C (DX) sensor*

Four thirds sensor: Εδώ πέφτουμε σχεδόν στο $\frac{1}{4}$ της συνολικής επιφάνειας του full frame σενσορα αλλά όχι απαραίτητα και σε επιδόσεις. Είναι έναν στάνταρ που καθιέρωσε η Olympus και η Kodak και χρησιμοποιείται στις Olympus και στις Panasonic Lumix και σε κάποιες Micro four DSLRs όπως λέγονται. Οι διαστάσεις τους είναι 17.3 x 13 mm με crop factor x2 που σημαίνει πως διπλασιάζει την εστιακή απόσταση του φακού.

CX (one inch) sensor: Παρουσιάστηκε μόλις το 2011. Αρκετά μικρότερος και πιο απλός Υιοθετήθηκε τόσο από τη mirrorless σειρά Nikon 1J αλλά και από την rocket size της Sony Cyber-shot DSC-RX100. Είναι πιο οικονομικοί, πιο απλοί και για πιο casual χρήστες. Είναι διαστάσεων 13.2 x 8 mm με crop factor x2.7.

1/1.7 inch sensor: Είναι απο τους μεγαλύτερους που θα βρεις σε μια compact φωτογραφική μηχανή, αυτοί οι μικροί σενσορες επιτρέπουν κάπως μεγαλύτερα pixel για μειωμένο θόρυβο. Τυπική ποιότητα αλλά και πειστική αποτύπωση μιας compact μηχανής

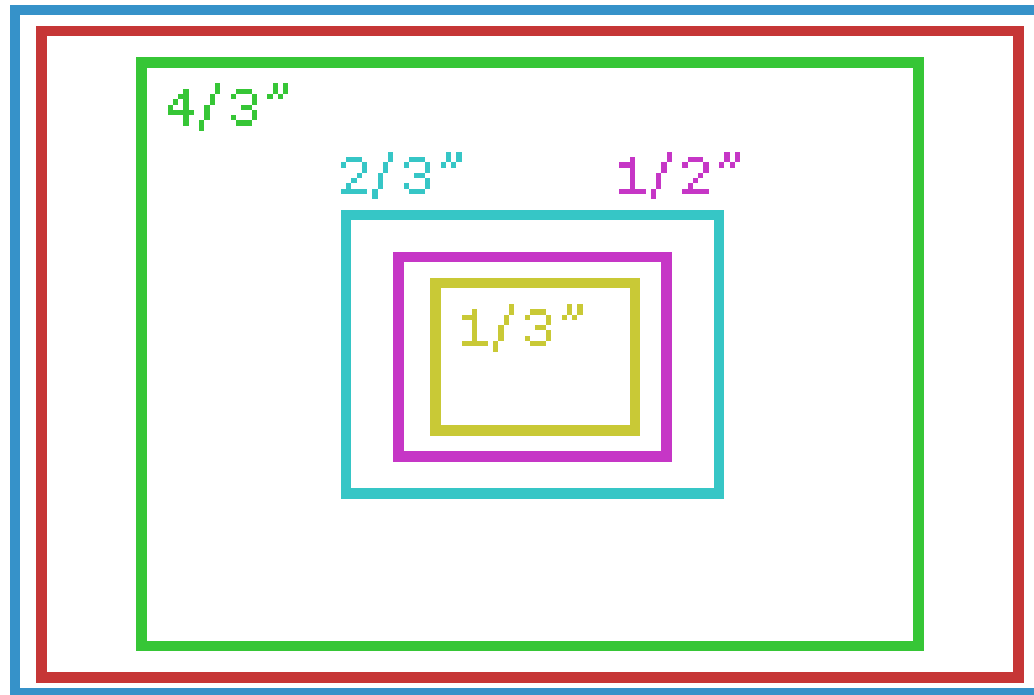
1/2.5 inch sensor: Είναι φθηνοί στη κατασκευή, έχουν μαζική παραγωγή και τα μικροσκοπικά τους pixel παράγουν εικόνες με ψηφιακό θόρυβο και υπερβολικά μειωμένη δυναμική περιοχή.

Στο μεσαίο και στο μεγάλο φορμά, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται, έχουν προσαρμοστεί σε διαστάσεις από 24x36mm (δηλαδή όσο το κλασικό καρέ του 135) ως 53,9x40,4 mm. Είναι φανερό, πως το μέγεθος του αισθητήρα αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα, που δεν έχει λυθεί τεχνολογικά, αυξάνοντας κατά πολύ το κόστος κατασκευής και κατά συνέπεια την τιμή του τελικού προϊόντος.

Full-Frame 35 mm Sensor

1.5X Crop Factor

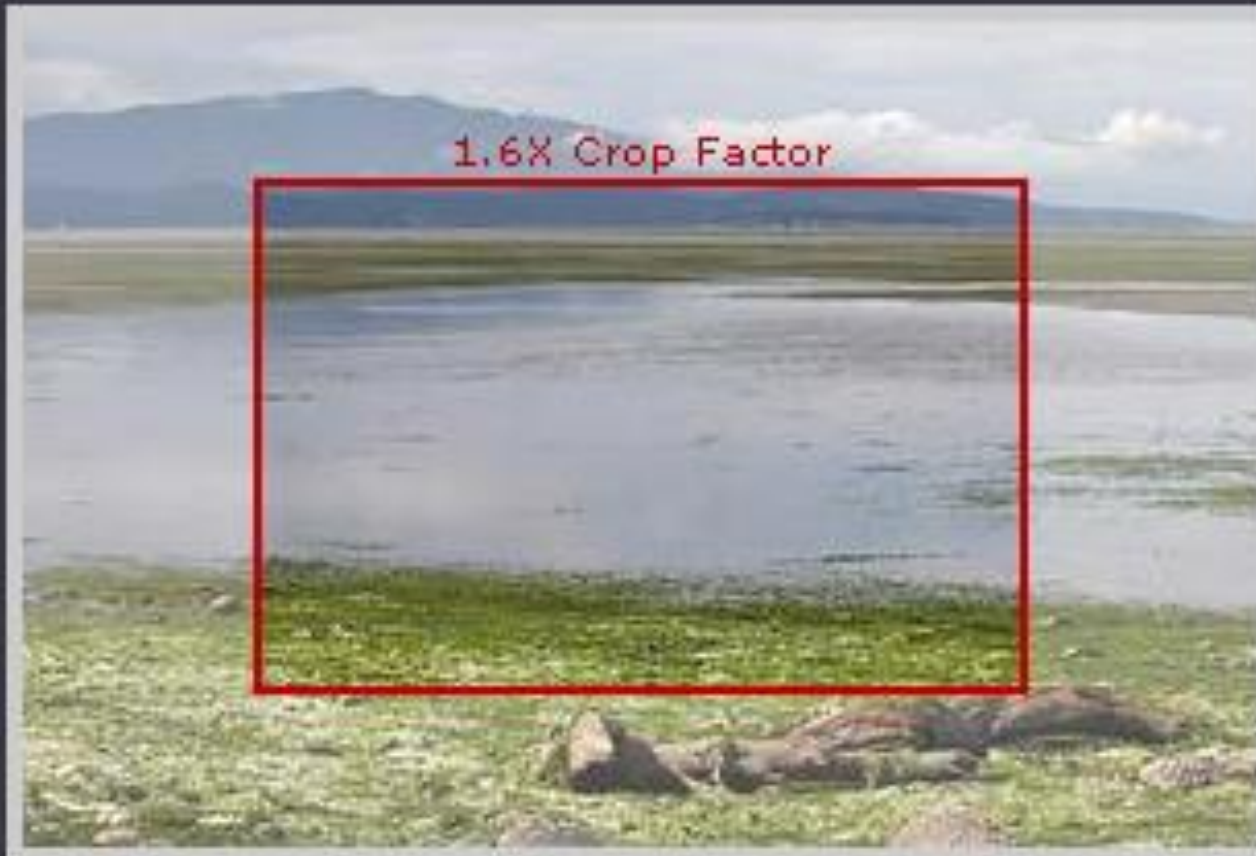
1.6X Crop Factor



APS-C Sized Sensors

36 mm

24 mm



35 mm Full Frame Angle of View