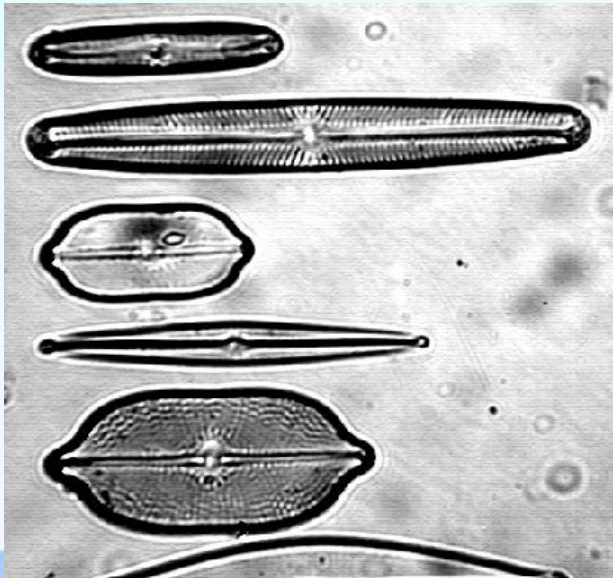


Immagini Digitali (parte 2)

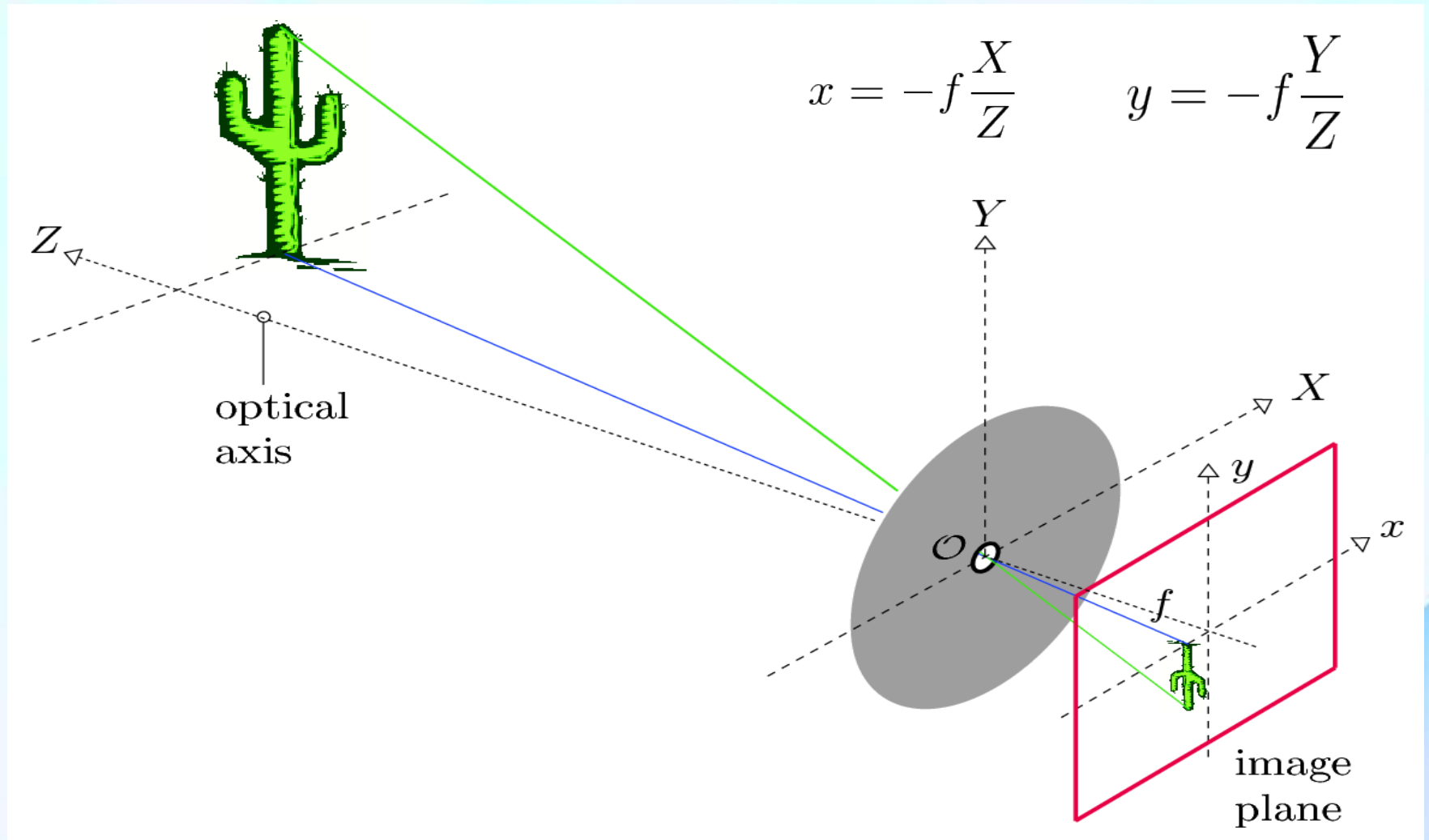


Fotografia con Camera Oscura



Joseph Nicéphore Niépce 1826

Camera Oscura



Camera Oscura

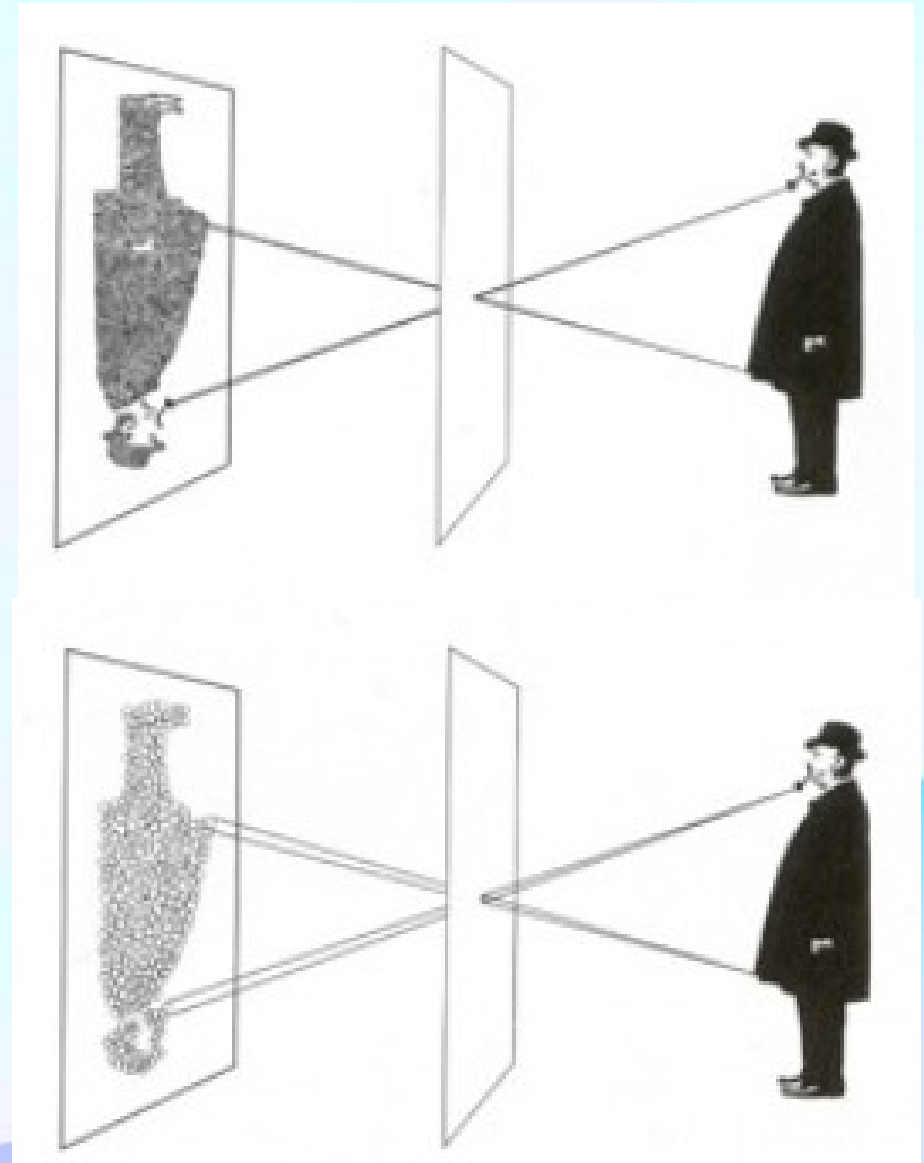
- L'immagine appare rovesciata
- Ad una minore distanza focale f corrisponde un campo più grande e un'immagine proiettata più piccola
- Viceversa al crescere di f campo ridotto e immagine proiettata più grande

What is the effect of aperture size?

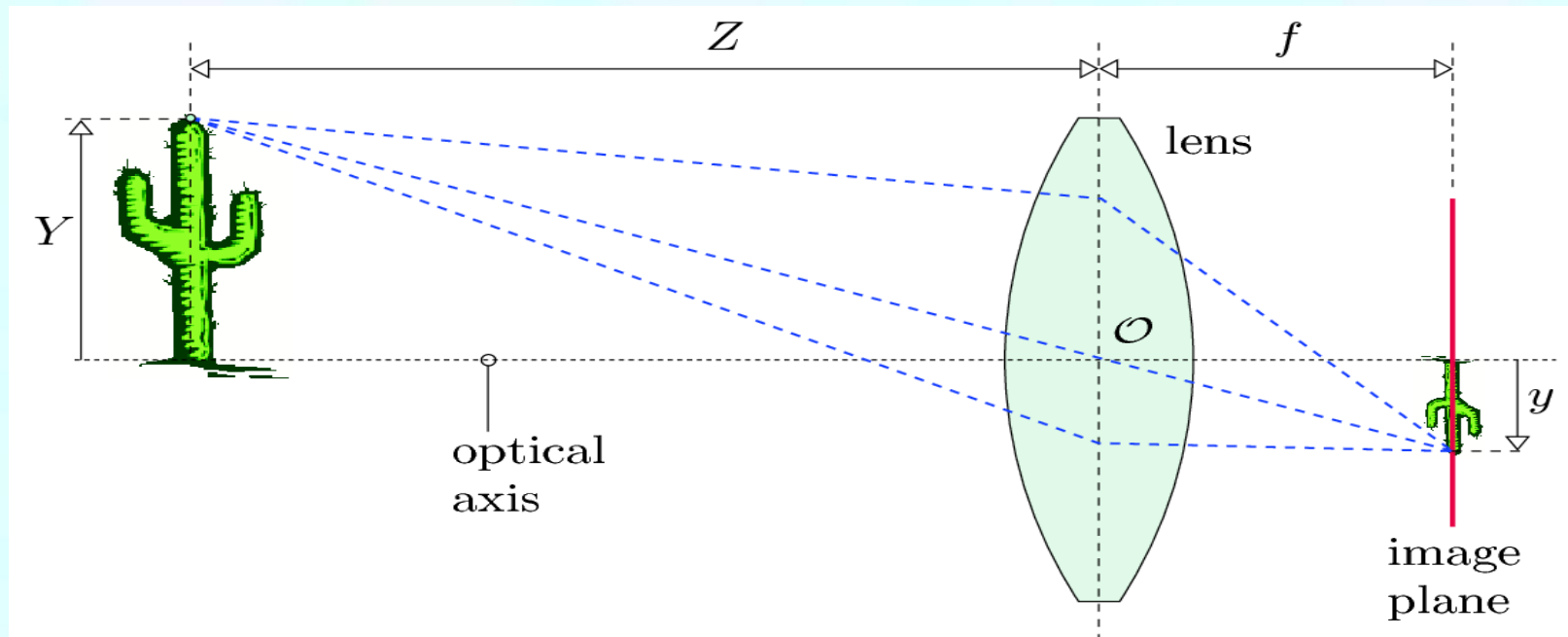
Dimensione
dell'apertura

Piccola apertura:
immagine definita ma
poca luce

Grande apertura:
Immagine più luminosa
ma sfocata



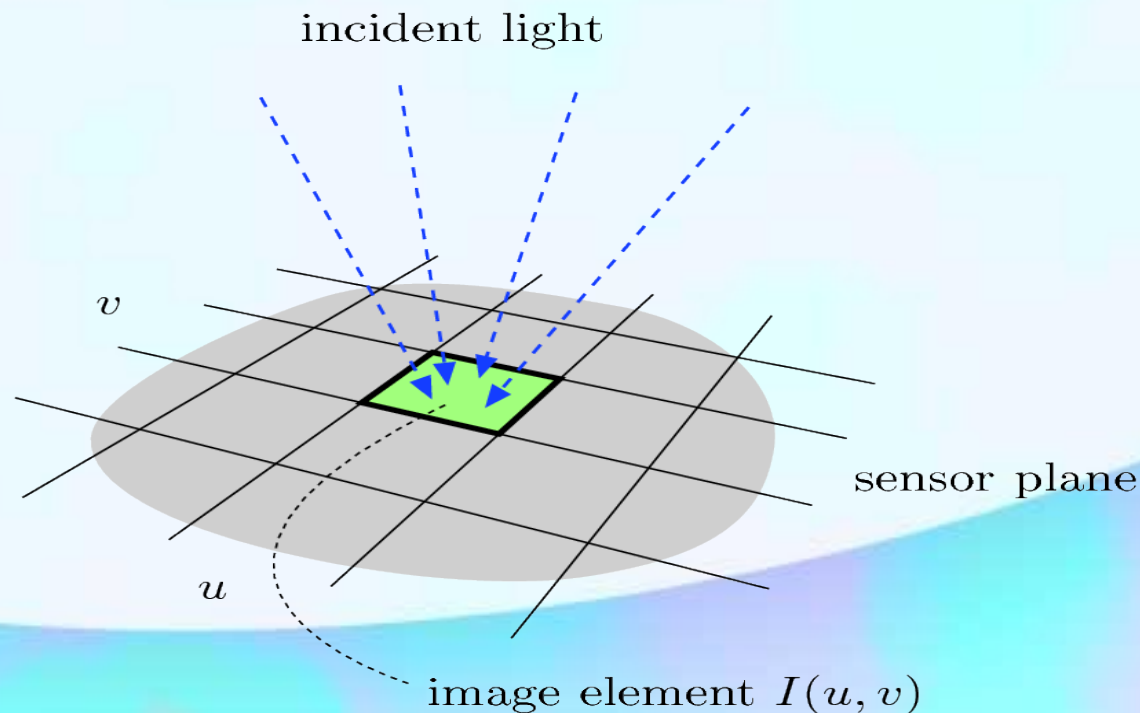
Camera con Lente



- La lente permette l'ingresso di più luce
- Introduce complessità nell'interazione con la luce e le sue componenti cromatiche

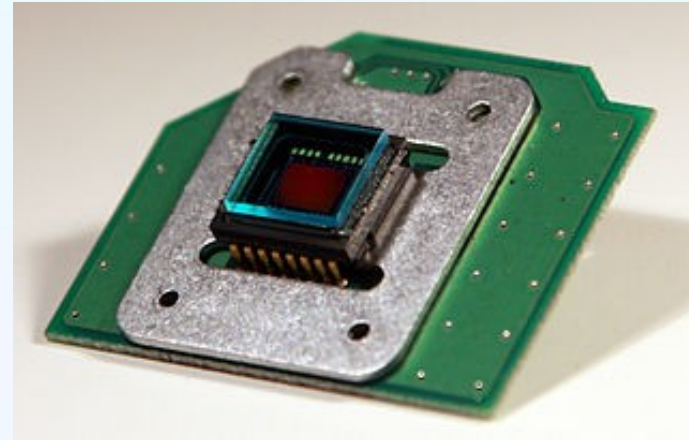
Digitalizzazione

- Discretizzazione spaziale
- Campionamento temporale
- Quantizzazione del valore di intensità luminosa per ogni elemento dell'immagine



Discretizzazione Spaziale

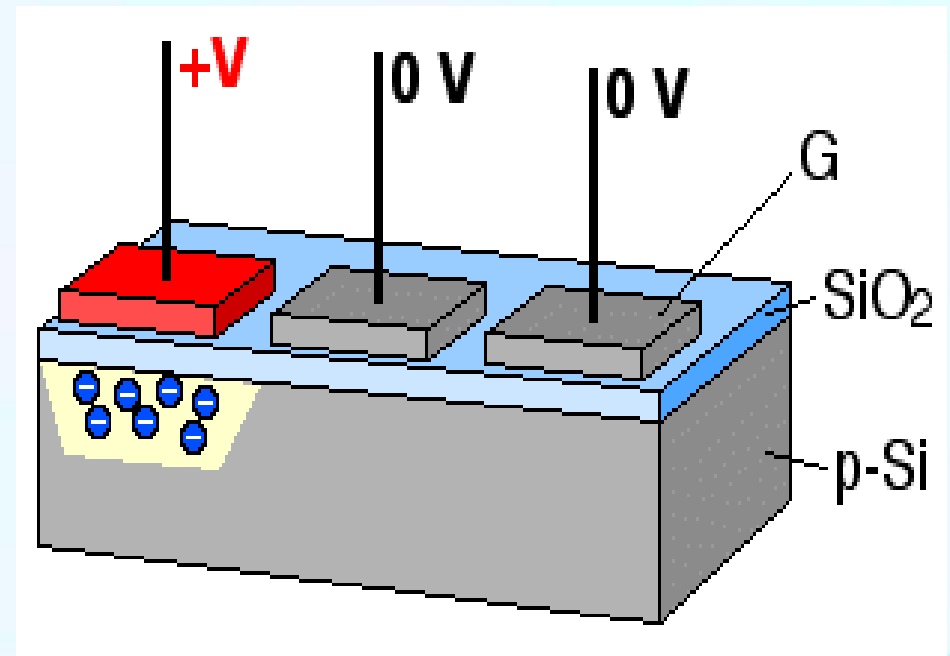
- Fotografia digitale: la '*fotografia*' viene proiettata su una matrice di elementi fotosensibili



- - Matrice di sensori tipicamente in tecnologia CCD o CMOS
 - Ricevono luce e nell'assorbimento per effetto fotoelettrico un numero di elettroni idealmente proporzionale alla quantità di luce diventa disponibile ad essere trasportato
 - I dispositivi CCD hanno la capacità di trasferire in sincronia la carica accumulata per essere poi misurata
 - La misura, espressa da qualche numero, viene messa in relazione con la quantità di luce assorbita da un dato elemento della matrice

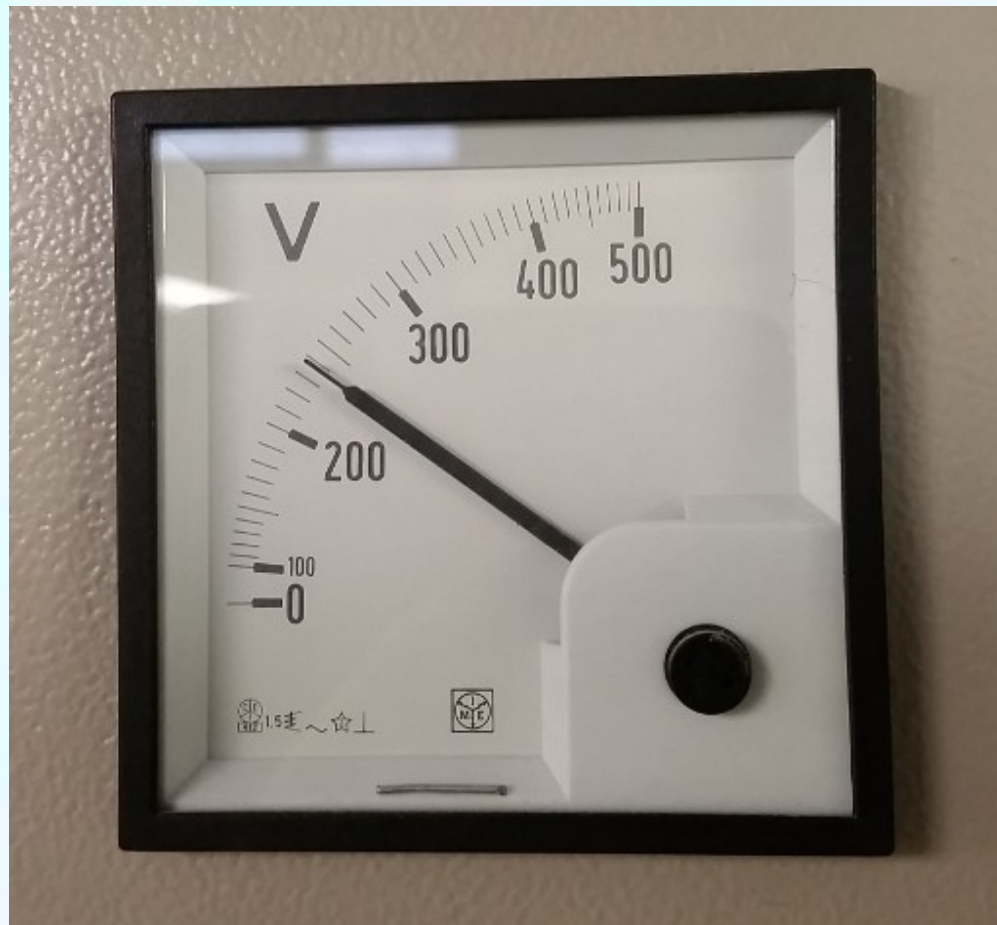
Tecnologia CCD (charged coupled device)

- La carica viene accumulata e quindi trasferita
- L'ultimo elemento passa la carica ad un amplificatore perché possa essere misurata



Questa tecnologia è stata fondamentale per poter costruire e controllare matrici costituite da un gran numero di elementi fotosensibili sufficientemente piccoli ed efficienti.

Misura e Conversione A/D



Misure e Conversione A/D

- Lo strumento nella slide precedente è un voltmetro da quadro. La deflessione dell'indicatore indica sulla scala l'entità della grandezza misurata (una tensione).
- La sua lettura è analogica perché c'è una relazione diretta tra la deflessione dell'ago e la grandezza che viene misurata. Entrambe variano, ai fini pratici, in modo continuo tra due estremi.
- La suddivisione in livelli (le 'tacche') sulla scala ci permette di leggere un valore che diventa il risultato della misura a meno di una indeterminazione che è legata al numero dei livelli (oltre che a limiti costruttivi dello strumento)
- La lettura è determinata dalla suddivisione dei livelli della scala ed essi sono sempre in numero finito
- I possibili risultati della lettura sono quindi ordinati in una sequenza numerabile di valori

Misure e Conversione A/D

- La conversione Analogico-Digitale (in breve ADC) traduce segnali analogici che variano in modo continuo in informazioni digitali, espresse cioè da numeri binari
- La conversione A/D in una fotocamera è realizzata da circuiti integrati integrati nei microchip della matrice di elementi sensibili ed è parte del suo funzionamento
- Nel caso di una fotocamera i numeri binari rappresentano la quantità di luce catturata da un elemento fotosensibile all'interno del quale è stata liberata la carica che è stata oggetto della misurazione

Misure e Conversione A/D

Convertitori A/D sono ormai comuni componenti nei dispositivi elettronici che usiamo.

Gli smartphone (ma anche i telefoni ordinari stanno passando a tecnologia digitale) e i sistemi di registrazione e riproduzione musicale sono in gran parte digitali.

In un telefono o in un registratore il segnale analogico del suono viene, misurato ad intervalli di tempo regolari (campionamento), convertito in un flusso di dati binari e trasmesso o memorizzato. All'altro capo della catena il segnale digitale viene riconvertito in analogico da un DAC (Digital to Analog Converter) per passare ad un sistema di amplificazione e riproduzione acustica

Le videocamere combinano il funzionamento di una fotocamera che esegue fotografie singole con la ripetizione ad intervalli regolari. Il flusso di informazioni diventa quello di una serie di "fotogrammi" (frame) in analogia con la tradizionale ripresa su pellicola

Misure e Conversione A/D

- La tecnologia dei sistemi digitali è basata su circuiti e memorie i cui elementi possono avere solo 2 stati.
- Questa la ragione per cui internamente i dati digitalizzati sono rappresentati con il sistema di numerazione binario.
- Nel sistema binario i numeri sono composti da N cifre, ciascuna delle quali può assumere solo i valori 0 o 1
- Questa rappresentazione ha implicazioni nel modo in cui le immagini digitali si raccolgono si memorizzano e si manipolano

Numeri Binari

Esempi di numeri binari con 4 cifre (4 bit)

- 0110_2 (numero 6 decimale)
- 1010_2 (numero 10 decimale)
- 1101_2 (numero 13 decimale)

Il pedice 2 dei numeri è stato aggiunto per evidenziare che si tratta di numeri binari e per evitare ambiguità con numeri decimali

Rappresentazione Posizionale

·Il sistema di rappresentazione binario è, come quello decimale, un sistema posizionale. In un sistema posizionale le cifre concorrono a formare il valore con un peso che dipende dalla loro posizione nel numero. La base della rappresentazione (10 per il decimale, 2 per il binario) è il parametro caratteristico di una rappresentazione e determina quanti valori diversi può assumere una singola cifra (0...9 per il decimale. 0,1 per il binario)

·Soffermiamoci a considerare un fatto che ci appare ovvio, cioè il modo con cui possiamo scomporre un numero decimale.

- Prendiamo il numero decimale $n = 4269$ scelto a caso
- Il numero può essere scomposto in termini di una somma dove le cifre moltiplicano potenze della base 10.

$$n = 4269 = 4 * 10^3 + 2 * 10^2 + 6 * 10^1 + 9 * 10^0$$

- Gli esponenti delle potenze della base sono stabiliti dalla posizione di una determinata cifra cominciando da quella più a destra (le unità) alla quale è assegnato l'indice 0.
- Questa scrittura è banale ma rende esplicito il ruolo della base, cioè il numero 10, e dell'indice che rappresenta la posizione di una cifra

Numeri Binari

- La decomposizione in termini delle potenze della base permette di convertire un numero binario in decimale
- Prendiamo il numero 0110_2 dell'esempio precedente

$$0110_2 = (0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0)_{10} = 6_{10}$$

Numeri Binari

Alcuni fatti semplici da ricordare

- Ogni cifra di un numero binario ha un peso pari ad una potenza di due il cui esponente è l'indice della posizione all'interno del numero
- Il valore del numero può essere tradotto in decimale attraverso la formula della slide precedente, cioè come sviluppo di una somma dove ogni termine è associato ad una potenza di 2
- In un numero binario di N cifre la cifra più a destra ha indice 0 e viene chiamata *least significant bit* o *LSB*
- la cifra più a sinistra ha indice N-1 e viene chiamata *most significant bit* o *MSB*
- Se il *least significant bit* è 0 allora il numero è pari
- Al contrario se il *least significant bit* è 1 allora è il numero espresso è dispari

Numeri Binari

- L'intervallo dei valori esprimibili da un numero binario di n cifre è costituito dai numeri compresi nell'intervallo

$$[0, 2^n - 1]$$

- Così come i numeri esprimibili da n cifre decimali sono nell'intervallo $[0, 10^n - 1]$

- Esempi per $n=3$
- In decimale posso esprimere 1000 numeri (000,001,002,003,004,...,999)
- In binario posso esprimere 8 numeri (000,001,010,011,100,101,110,111)

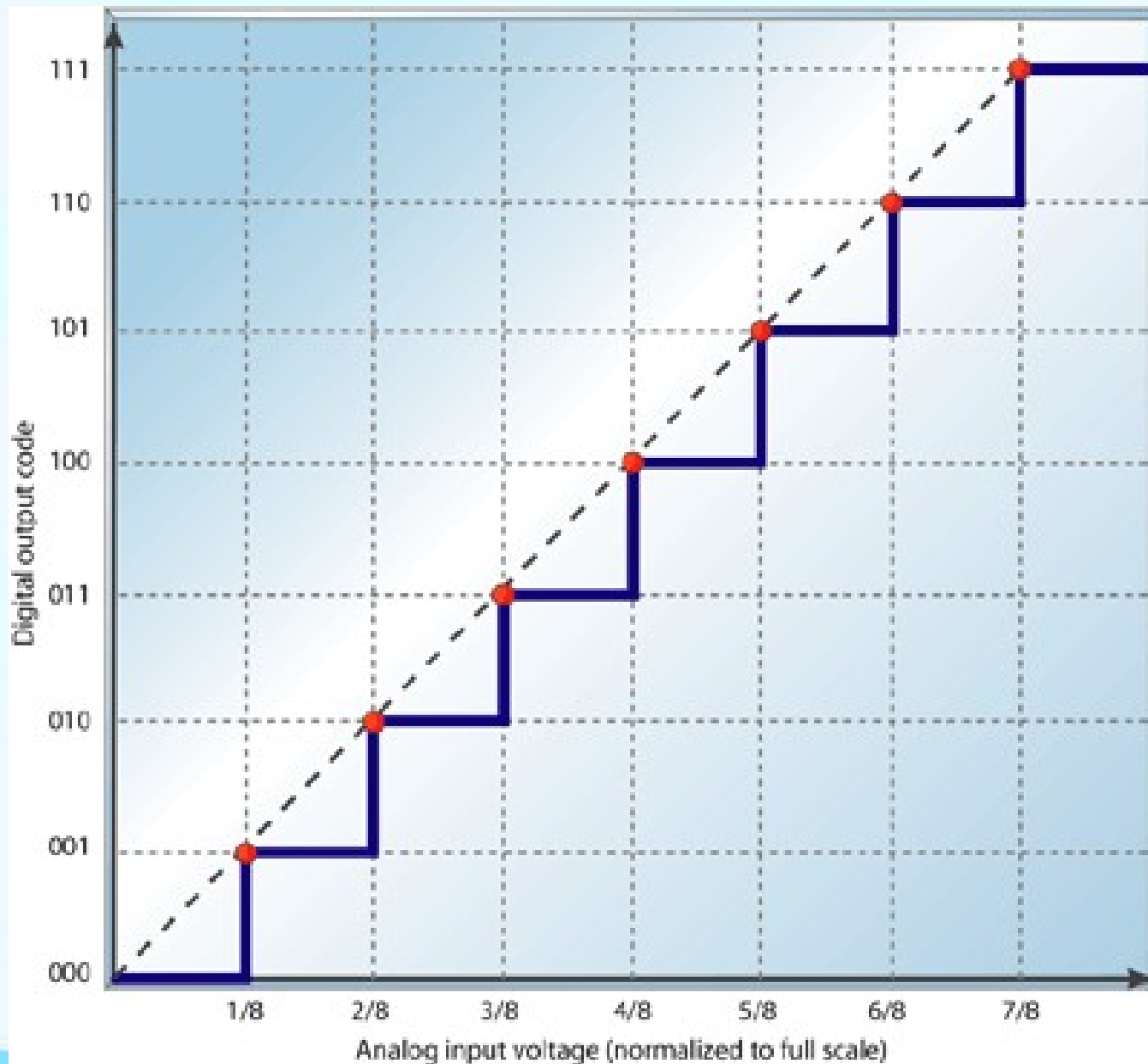
Rappresentazione Posizionale

- In informatica si sono usati o si usano tuttora altri sistemi di rappresentazione posizionale
 - Il sistema ottale (base 8, cifre 0,1...7) è largamente caduto in disuso, ma è stato usato per i primi 4 decenni di sviluppo dei sistemi operativi. In ottale si possono rappresentare con una cifra tutte le possibili configurazioni di 3 bit. Questo sistema ha perso interesse con la scomparsa progressiva di elaboratori a 16 bit
 - Nello sviluppo e programmazione di hardware e sistemi operativi attuali a 32 e 64 bit è di corrente uso il sistema esadecimale (base 16, cifre 0,1,2....8,9,A,B,C,D,E,F). Il sistema esadecimale rappresenta tutte le possibili configurazioni di 4 bit
 - Il fatto di aver unità di memoria (byte) costituiti da 8bit ha contribuito all'utilità dell'esadecimale quando è importante comprendere la rappresentazione binaria di un registro hardware o di un segmento di memoria. Infatti il valore contenuto da 8 bit può essere espresso in modo compiuto con due cifre esadecimali che corrispondono ai numeri da 0 (00_{16}) a 255 (FF_{16})

La Conversione A/D

- Abbiamo fatto un'analogia tra lo strumento analogico (il voltmetro) e il convertitore A/D
- La scala graduata del voltmetro ci fornisce il valore della grandezza misurata mentre un convertitore produce numeri interi
- I numeri interi prodotti dal convertitore A/D sono l'analogo dei livelli discreti della scala ma se vogliamo conoscere il valore misurato bisogna avere un modo di associare ognuno di essi un valore di conversione
- Questa conversione è fornita dal grafico della slide successiva rappresentato per un convertitore a 3 bit. Un convertitore a 3 bit ha un interesse didattico, non applicativo

Conversione A/D

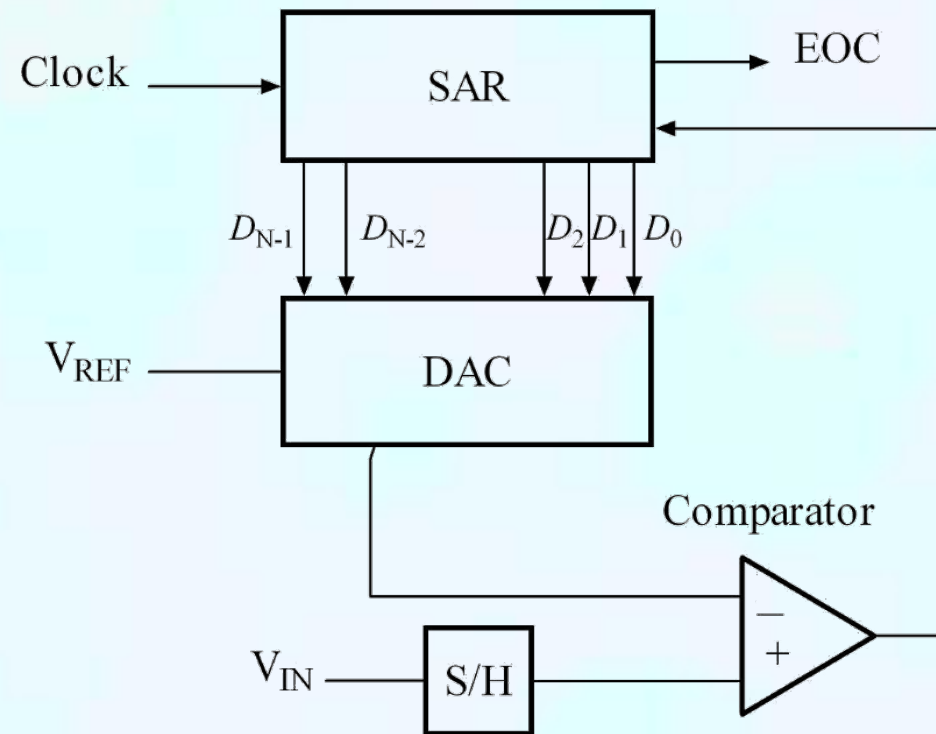


Conversione A/D

- Il diagramma di conversione mette in relazione, per un convertitore a 3 bit, le 2 grandezze che sono espresse lungo gli assi
 - L'asse orizzontale rappresenta una frazione della tensione massima V_{max} misurabile dal convertitore, che è una sua caratteristica costruttiva (nell'analogia col voltmetro sarebbe il limite massimo di tensione misurabile dalla deflessione della lancetta)
 - L'asse verticale mostra gli 8 valori possibili in uscita dal convertitore
- Il valore della grandezza misurata è quindi quantizzato e la differenza dei valori misurati rappresentati da due valori binari successivi è data da

$$Q = V_{max} / (2^n - 1)$$

Conversione A/D

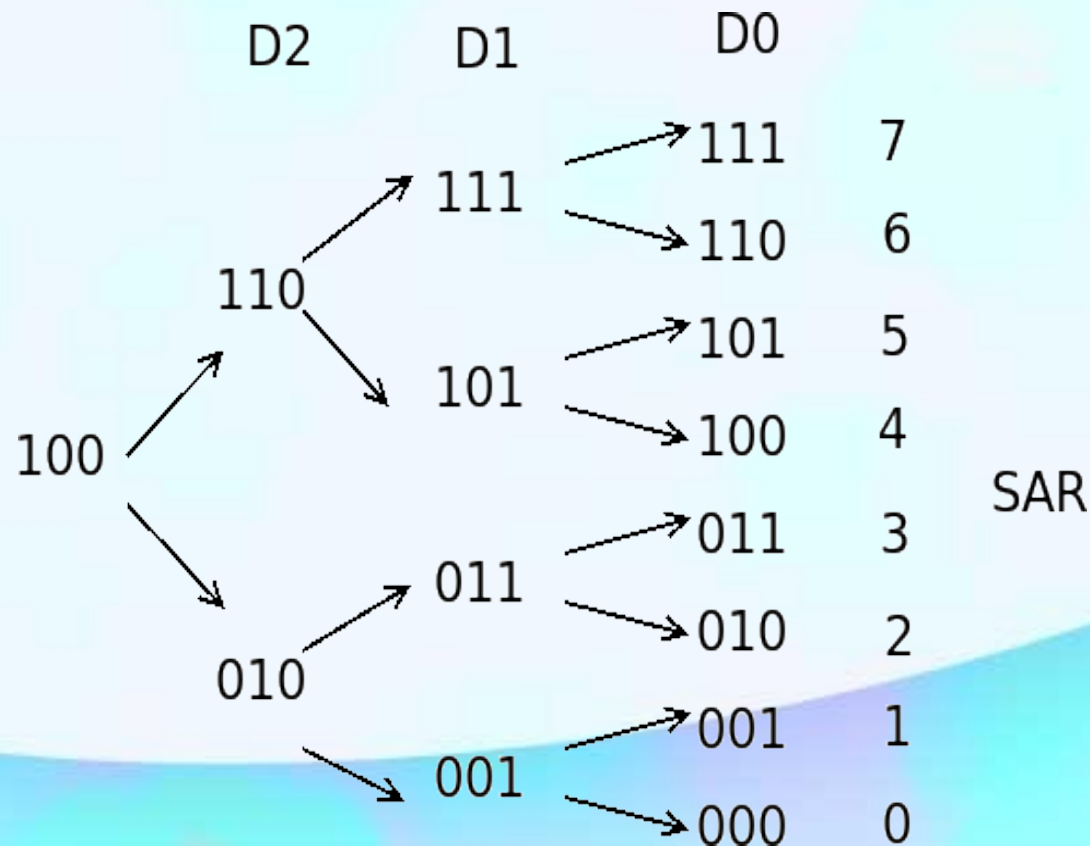


Conversione Analogico Digitale

- Il diagramma precedente mostra uno schema di convertitore analogico digitale. Di questo osserviamo solo 4 elementi
 - La tensione in ingresso V_{in} che rappresenta la tensione da misurare
 - Le linee del registro $D_0, D_1 \dots D_{N-1}$ che sono la parola binaria di N bit che costituisce il risultato della conversione
 - L'unità DAC (Digital to Analog Converter) genera una tensione proporzionale al registro $D_0, D_1 \dots D_{N-1}$. Questa tensione viene confrontata tramite il comparatore con la tensione d'ingresso. Il comparatore ha un uscita di un bit che dice se questa tensione generata è minore o maggiore della tensione in ingresso
 - L'unità SAR (Successive Approximation Register) controlla il registro seguendo un'algoritmo che segue un albero di decisioni. Il valore di conversione viene trovato in un numero di passaggi determinato dal numero di bit di output. Dato che il numero di operazioni al secondo compiute da un sistema digitale è determinato il sistema SAR trova il risultato della conversione in un tempo fissato

Successive Approximation Register

- Albero di decisioni SAR a 3 bit. Viene prima fissato il MSB e successivamente i bit di ordine più basso fino all'LSB



Risultato della conversione

- Il risultato della conversione è quindi un numero a n-bit
- Nel caso delle fotocamere la conversione viene fatta per ogni elemento fotosensibile
- Ad ogni elemento fotosensibile è un numero che indirettamente rappresenta la quantità di luce assorbita
- Questi numeri nella loro forma nativa sono numeri interi espressi dagli n bit di un numero binario
- Un caso speciale, ma importante è quello delle immagini a colori, per le quali ogni elemento dell'immagine viene rappresentato da una terna di numeri, ciascuno digitalizzato indipendentemente