

Prestazioni eccezionali in condizioni di bassa luminosità

Luglio 2026

Sommario

La tecnologia Axis Lightfinder conferisce a una telecamera di rete un'estrema sensibilità alla luce. Nelle aree scarsamente illuminate, dove altre telecamere passano alla modalità notturna e al video in bianco e nero, le telecamere con tecnologia Lightfinder rimangono in modalità diurna e continuano a trasmettere immagini a colori. Nella sorveglianza, il colore può essere decisivo per identificare una persona, un oggetto o un veicolo.

Lightfinder offre un valore aggiunto non solo nelle scene più buie, ma in qualsiasi ambiente in cui i livelli di luce siano più bassi rispetto a una normale illuminazione per interni. Necessitando di meno luce per riprodurre un'immagine di qualità, una telecamera Lightfinder può ad esempio utilizzare un tempo di esposizione più breve, riducendo al minimo le sfocature e il rumore.

La tecnologia Lightfinder rappresenta una combinazione perfettamente calibrata di componenti ottici di qualità e del nostro sistema su chip proprietario, dotato di sofisticati algoritmi di elaborazione digitale delle immagini integrati. Con il regolare miglioramento di tutti questi elementi, si evolve anche la tecnologia Lightfinder. Il concetto di Lightfinder 2.0 rappresenta un passo in questa evoluzione, con un maggiore livello di sensibilità, una riproduzione dei colori più realistica e impostazioni personalizzate per gli utenti più esperti.

Lightfinder si basa sulla grande esperienza di Axis nell'elaborazione dei colori, nel filtraggio e nell'ottimizzazione. Le tecnologie Lightfinder e Axis Zipstream lavorano in sinergia per una compressione ultra precisa, che preserva i dettagli delle immagini mantenendo bassa la velocità di trasmissione media e riduce al tempo stesso le necessità di archiviazione.

Indice

1	Introduzione	4
2	La luce: nozioni fondamentali	4
2.1	Acquisizione della luce	4
2.2	Intensità luminosa in lux	5
2.3	Sensibilità alla luce e illuminazione minima	6
3	Elementi principali di Lightfinder	6
4	La visualizzazione in condizioni di bassa luminosità	7
4.1	L'impatto di un tempo di esposizione più breve	8
4.2	L'effetto di un'apertura dell'obiettivo più ampia	8
5	La visualizzazione del colore in condizioni di bassa luminosità	8
5.1	Esempi a livelli di luce diversi	8
5.1.1	Lightfinder a 1-1.6 lux	8
5.1.2	Lightfinder a 0,11-0,17 lux	9
6	Acquisire il movimento	10
7	Ridurre lo spazio di archiviazione e il consumo energetico	10
8	Lightfinder 2.0	11

1 Introduzione

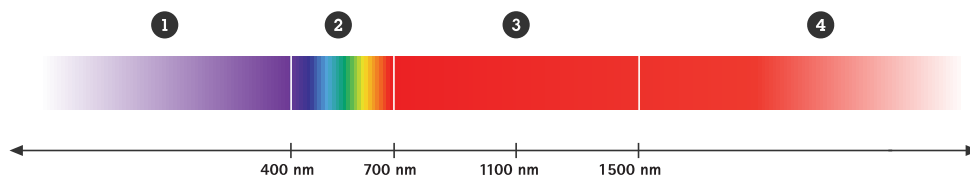
Lightfinder è una tecnologia Axis che consente di produrre con la telecamera video di alta qualità in condizioni di bassa luminosità, con basso rumore e sfocatura da movimento minima. Il livello di sensibilità estremo abilita la registrazione di video a colori anche in condizioni di basso livello di luce. La tecnologia è frutto di una combinazione esclusiva di sensore, obiettivo e algoritmi di elaborazione dell'immagine ottimizzati su un chip all'avanguardia.

Le telecamere con tecnologia Lightfinder sono vantaggiose in tutte le applicazioni di videosorveglianza in condizioni di scarsa illuminazione, ad esempio in parcheggi, campus scolastici, cantieri e nella sorveglianza urbana, in cui la chiarezza dei colori del video può aumentare la possibilità di identificare persone, veicoli o eventi.

Il presente documento tecnico descrive gli elementi basilari e i principali vantaggi della tecnologia Lightfinder. Per esemplificare la qualità d'immagine offerta dalla telecamere con tecnologia Lightfinder, si utilizzeranno istantanee tratte da un video in una scena poco illuminata (ricreando tali condizioni con un'illuminazione controllata). Per comprendere meglio questa tecnologia, però, verranno introdotti alcuni concetti fondamentali sulla luce, sulla sua acquisizione e sulla sua misurazione.

2 La luce: nozioni fondamentali

La luce è formata da pacchetti discreti di energia, detti fotoni, che hanno livelli diversi di energia, o lunghezze d'onda. Nello spettro della luce visibile, le varie lunghezze d'onda rappresentano i vari colori.



Le diverse porzioni dello spettro elettromagnetico: la luce UV (1), la luce visibile (2), la luce nell'infrarosso vicino (NIR) (3) e la luce IR (4).

2.1 Acquisizione della luce

L'occhio è in grado di captare la luce (fotoni) con una lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 400 nm e 700 nm (spettro visibile). L'occhio ha due tipi di recettori luminosi: i bastoncelli e i coni, ottimizzati per misurare la luce di intensità e lunghezze d'onda diverse. I coni sono deputati alla visione dei colori, ma richiedono una luce intensa (un buon numero di fotoni) per poter captare qualcosa. I bastoncelli, per contro, riescono a funzionare anche a livelli di luce bassissimi (nell'ordine di pochi fotoni), ma poiché non sono in grado di distinguere le lunghezze d'onda non danno informazioni sui colori. È per questo che l'occhio perde la visione dei colori al diminuire dell'illuminazione: i coni non percepiscono niente, mentre i bastoncelli continuano a percepire.

Un elemento importante di una telecamera di rete è il sensore, composto da milioni di punti fotosensibili (pixel). Oltre al rilevamento dei fotoni della luce visibile, il sensore di una telecamera digitale è in grado di rilevare anche fotoni con lunghezze d'onda leggermente superiori (700-1000 nm) nella porzione dello spettro denominata infrarosso vicino (NIR). La luce NIR è normalmente presente sia nella luce solare che in quella artificiale.

Quando i livelli di luce visibile sono molto bassi, una telecamera digitale (di tipo Day&Night con filtro IR rimovibile) può ancora sfruttare la luce disponibile nello spettro del NIR vicino per produrre le immagini. Tuttavia, questa luce non veicola informazioni sui colori. Dunque, a livelli molto bassi di luce visibile, sia l'occhio che una normale telecamera per le riprese diurne e notturne possono solo riprodurre immagini. Per ulteriori informazioni sulle tecnologie a infrarossi e sulle telecamere per le riprese diurne e notturne, è possibile consultare il documento tecnico intitolato *L'infrarosso nella sorveglianza*.

Una telecamera con Lightfinder, invece, mantiene la visione del colore e continua a produrre immagini a colori anche quando l'illuminazione scende a livelli in cui l'occhio non è più in grado di distinguerli.



Istantanea scattata con una telecamera dotata di tecnologia Lightfinder, che sfrutta al meglio la luce disponibile durante la notte.

Le telecamere con Lightfinder possono anche essere integrate con illuminatori IR e utilizzare la modalità notte. Le immagini IR in scala di grigi in modalità notturna possono rivelarsi estremamente preziose, ad esempio nell'analisi video. In molti casi d'uso, tuttavia, i video girati in modalità giorno, con i loro colori e l'aspetto naturale, forniscono maggiori informazioni ai fini dell'analisi forense.

2.2 Intensità luminosa in lux

L'intensità luminosa può essere quantificata fotometricamente come illuminamento, o flusso luminoso per unità di superficie. L'illuminamento si basa sull'intensità radiometrica assoluta della luce (irraggiamento misurato in W/m^2). Tuttavia, tiene anche conto della sensibilità dell'occhio umano, con un modello standardizzato di percezione della luminosità a varie lunghezze d'onda. In altre parole, l'illuminamento rappresenta l'intensità luminosa percepita dall'occhio umano. L'unità di misura dell'illuminamento è il lux (lx), equivalente a un lumen per metro quadrato.

Nelle scene naturali l'illuminazione è spesso complessa, perché le ombre e i picchi di luce causano valori in lux diversi nelle varie parti della scena. Un valore in lux non esprime le condizioni di illuminazione della scena complessiva e non dà indicazioni sulla direzione della luce. Tuttavia, le misure dell'intensità luminosa sono utili per stimare le condizioni di luce e confrontare scene diverse. La tabella elenca i valori tipici in lux in varie condizioni di luce.

Tabella 2.1 *Valori tipici di lux in diverse condizioni di illuminazione.*

Intensità della luce	Condizione di illuminazione
0,05 – 0,3 lux	Luna piena con cielo terso
1 lux	Lume di candela a 1 m
80 lux	Corridoio di una palazzina di uffici
500 lux	Luce da ufficio

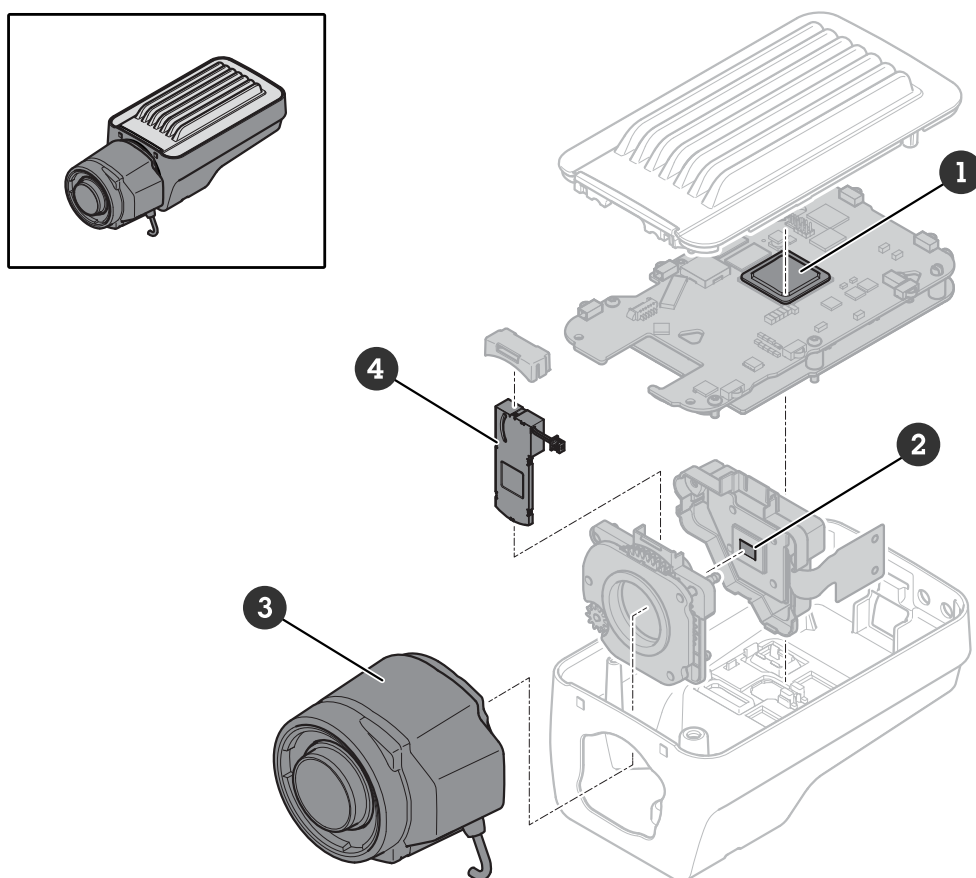
10.000 lux	Piena luce del giorno
100.000 lux	Luce solare forte

2.3 Sensibilità alla luce e illuminazione minima

Molti produttori specificano la sensibilità luminosa di una telecamera di rete indicando l'illuminazione necessaria per riprodurre un'immagine accettabile. Sebbene tali specifiche siano utili a confrontare la sensibilità alla luce di telecamere dello stesso produttore, un confronto tra produttori diversi richiede una certa cautela. Poiché non esiste uno standard internazionale per la misurazione dell'illuminazione minima, i produttori utilizzano metodi e criteri diversi per stabilire i requisiti di un'immagine accettabile.

3 Elementi principali di Lightfinder

La tecnologia Lightfinder è una combinazione perfetta di componenti ottici ottimizzati e di prima qualità, un'elaborazione avanzata delle immagini e un chip progettato specificamente per la sorveglianza. Con l'evolversi di questi componenti, si evolve anche la tecnologia Lightfinder.



Vista esplosa di una telecamera Axis. I componenti evidenziati sono quelli ottimizzati grazie alla tecnologia Lightfinder.

- 1 Sistema su chip con modulo di elaborazione del segnale video (ISP) integrato
- 2 Sensore immagini
- 3 Obiettivo
- 4 Filtri

Dopo l'acquisizione e la messa a fuoco tramite un obiettivo di alta qualità, la luce raggiunge il sensore di immagine, elemento fondamentale di qualsiasi telecamera digitale. Il sensore è un componente elettro-ottico formato da una serie di rilevatori fotosensibili e converte la luce in segnali elettrici. Tutti i prodotti Lightfinder

sono dotati di sensore CMOS (sensore a semiconduttore complementare all'ossido di metallo) di alta qualità e appositamente selezionato grazie alle sue caratteristiche ottimali per la sorveglianza.

Gli algoritmi di elaborazione delle immagini digitali integrati nel modulo ISP (processore del segnale dell'immagine) del chip hanno la stessa importanza del sensore di immagine. Il chip è progettato specificamente per la videosorveglianza e prodotto secondo le tecnologie ASIC più recenti, garantendo il numero massimo di componenti digitali. In tempo reale, gli algoritmi rimuovono il rumore, recuperano i colori e rendono nitida ogni immagine, per produrre un video utilizzabile anche con il minimo segnale. Tuttavia, preservare il contenuto delle immagini ha sempre la priorità sul filtraggio: se troppo intenso, potrebbe infatti eliminare dettagli importanti. Nella sorveglianza, è particolarmente importante che gli algoritmi di immagine non eliminino le informazioni utili per le attività forensi. Gli algoritmi devono avere un andamento regolare e prevedibile, senza introdurre informazioni supplementari nel tentativo di dare all'immagine un aspetto più "gradevole".

Valutando attentamente l'intero cammino ottico e ottimizzando tutti gli algoritmi digitali, è possibile ottenere prestazioni straordinarie della telecamera nella maggior parte delle condizioni di illuminazione: in questo senso, l'assenza di luce rappresenta la massima sfida. Nei prodotti Lightfinder, l'obiettivo e il sensore sono abbinati ad altri componenti ottici, come i filtri, per aumentare al massimo la sensibilità alla luce e la risoluzione evitando gli artefatti. Le tecnologie Lightfinder e Axis Zipstream lavorano in sinergia per una compressione ultraprecisa, che preserva i dettagli delle immagini mantenendo bassa la velocità di trasmissione media e riduce i costi di archiviazione.

4 La visualizzazione in condizioni di bassa luminosità

L'estrema sensibilità di una telecamera con Lightfinder è vantaggiosa non solo nelle scene più buie, ma in tutte le scene con livelli di luce più bassi rispetto a quelli di un normale ambiente. Poiché richiede meno luce per produrre un'immagine di buona qualità, una telecamera dotata di Lightfinder può utilizzare un tempo di esposizione più breve oppure un'apertura dell'obiettivo più ridotta per ottenere ulteriori vantaggi. Ad esempio:

- È possibile utilizzare teleobiettivi con focale maggiore. In questi casi, in genere è necessario un tempo di esposizione breve per evitare la sfocatura da movimento e le vibrazioni della telecamera.
- È possibile utilizzare telecamere con una risoluzione alta in condizioni di bassa luminosità. Grazie a lightfinder, è possibile utilizzare un tempo di esposizione più breve senza gli effetti collaterali del rumore visivo e della sfocatura da movimento.
- Maggiore profondità di campo, in modo che una porzione più ampia della scena risulti a fuoco. Tutto questo richiede un'apertura dell'obiettivo più ridotta.
- Prestazioni WDR migliorate, con risultato di riduzione del rumore visivo nelle parti scure della scena.
- Riduzione del rumore visivo, poiché è necessario un guadagno digitale inferiore.

	
Lightfinder 2.0	La vista umana

Istantanee tratte da un video che mettono a confronto una scena ripresa con una telecamera Lightfinder 2.0 e una visuale modificata per mostrare ciò che potevano vedere le persone presenti sul posto. La persona sotto il ponte sta misurando un livello di luce pari a 0,05 lux.

4.1 L'impatto di un tempo di esposizione più breve

Il tempo di esposizione è il periodo durante il quale il sensore della telecamera acquisisce i fotoni. I fotoni vengono convertiti in elettroni e il numero di elettroni accumulati per ciascun pixel viene misurato e utilizzato per formare un'immagine. Quindi, tutti i pixel del sensore vengono svuotati dagli elettroni e l'acquisizione dei fotoni ricomincia. Le scene in condizioni di bassa luminosità richiedono generalmente tempi di esposizione più lunghi affinché il sensore possa catturare un numero sufficiente di fotoni per produrre un'immagine utilizzabile, ma Lightfinder consente tempi di esposizione più brevi. Se il tempo di esposizione è troppo breve e l'immagine diventa troppo scura, è possibile schiarirla digitalmente, ma non senza aumentare il rumore visivo.

4.2 L'effetto di un'apertura dell'obiettivo più ampia

In condizioni di bassa luminosità, in genere è necessaria un'apertura dell'obiettivo maggiore per poter raccogliere luce a sufficienza durante l'esposizione. A causa del funzionamento dell'ottica e del tracciamento dei raggi, un'apertura maggiore comporta l'inconveniente di una profondità di campo più ridotta, il che significa che solo una porzione più ristretta della scena risulta a fuoco. Tuttavia, grazie al maggiore livello di sensibilità alla luce offerto da Lightfinder, è possibile utilizzare un'apertura più ridotta, il che consente di ottenere una maggiore profondità di campo senza un eccesso di rumore visivo.

5 La visualizzazione del colore in condizioni di bassa luminosità

Nelle aree scarsamente illuminate, dove altre telecamere per le riprese diurne e notturne passano alla modalità notturna e al video in bianco e nero, le telecamere con tecnologia Lightfinder rimangono in modalità diurna e trasmettono in continuo immagini a colori. Questo dettaglio cromatico può rivelarsi fondamentale nella sorveglianza. Consentendo agli operatori di fornire dettagli specifici, quali il colore di un'auto o di una giacca, Lightfinder garantisce tempi di risposta più rapidi e un'identificazione più precisa.

5.1 Esempi a livelli di luce diversi

Per illustrare la capacità di riprodurre i colori in condizioni di bassa luminosità, questa sezione presenta immagini tratte da sequenze video girate con telecamere dotate della tecnologia Lightfinder in uno studio in cui l'illuminazione è stata controllata con estrema precisione.

Il confronto riguarda tre telecamere:

- una telecamera dotata di Lightfinder 2.0 (AXIS Q1726 con obiettivo F1.1)
- una telecamera dotata di Lightfinder (AXIS M2035 con obiettivo F1.4)
- una terza telecamera impostata in modo da riprodurre l'oscurità della scena percepita dall'occhio umano

Le telecamere erano posizionate a 2-3 m da una composizione di manichini e oggetti colorati.

Nota: Idealmente, il livello di sensibilità di una telecamera dovrebbe essere valutato in presenza di movimento nella scena, cosa che in questo caso non avviene, poiché per illustrare la differenza vengono utilizzate immagini fisse. Le immagini sono state ridimensionate e la qualità del monitor o della stampa può influire sulla percezione delle immagini stesse.

5.1.1 Lightfinder a 1-1.6 lux

La scena presentava livelli di luce compresi tra 1 lux (sul triciclo) e 1,6 lux (all'altezza della vita del manichino).



Lightfinder 2.0



Lightfinder



La vista umana

- La telecamera Lightfinder 2.0 offre colori nitidi e un'immagine chiara.
- La telecamera Lightfinder ha riprodotto colori ben distinguibili e ha mostrato un certo livello di rumore.
- L'occhio umano percepiva la scena come molto buia.

5.1.2 Lightfinder a 0,11-0,17 lux

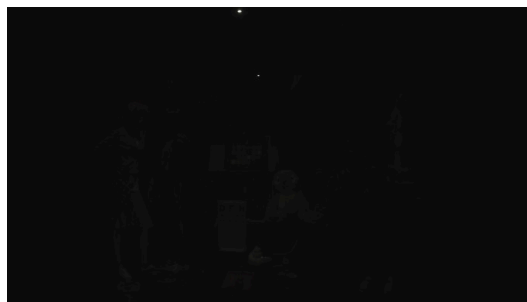
La scena presentava livelli di luce compresi tra 0,11 lux (sul triciclo) e 0,17 lux (all'altezza della vita del manichino).



Lightfinder 2.0



Lightfinder



- La telecamera Lightfinder 2.0 ha prodotto colori tenui. Tutti gli oggetti sono ancora visibili, anche sullo sfondo.
- La telecamera Lightfinder ha prodotto un'immagine a colori, scura e sgranata. Gli oggetti in primo piano sono distinguibili.
- L'occhio umano percepiva la scena come completamente buia e non si vedeva alcun oggetto.

6 Acquisire il movimento

La sfocatura da movimento è un problema comune nelle scene con scarsa illuminazione, in cui solitamente è necessario un tempo di esposizione prolungato. Il fenomeno si verifica quando la velocità dell'otturatore è troppo bassa per "immortalare" un oggetto in movimento, con la conseguenza che l'immagine viene distribuita su più pixel durante l'intervallo di esposizione. Se la scena lo consente, è possibile ridurre la sfocatura da movimento posizionando la telecamera più lontano dall'oggetto in movimento oppure utilizzando un obiettivo grand'angolo. In questo modo l'oggetto si sposterà di un numero minore di pixel sul sensore di immagine.

Lightfinder riduce la sfocatura da movimento consentendo tempi di esposizione più brevi. Consente di visualizzare fotogrammi fissi con un livello di sfocatura minimo, facilitando l'identificazione di persone o veicoli e la valutazione degli incidenti.



Un tempo di esposizione lungo può causare una sfocatura da movimento visibile. In questa istantanea, la targa sarebbe stata leggibile con un tempo di esposizione più breve.

7 Ridurre lo spazio di archiviazione e il consumo energetico

Lightfinder offre immagini a colori nitide e affidabili senza la necessità di LED esterni o di illuminazione aggiuntiva. In combinazione con altre tecnologie di ottimizzazione dell'illuminazione di Axis, Lightfinder contribuisce a risparmiare energia e a ridurre l'inquinamento luminoso.

Le tecnologie Axis Lightfinder e Axis Zipstream sono progettate per funzionare in sinergia, con lo scopo di applicare la compressione in modo tale da preservare i dettagli importanti dell'immagine, mantenendo al

contempo velocità in bit medi basse. Tutto ciò riduce i costi di archiviazione e migliora ulteriormente la sostenibilità della soluzione di sorveglianza.

8 Lightfinder 2.0

Un numero sempre maggiore di telecamere Axis utilizza la tecnologia Lightfinder 2.0. Questa evoluzione di Lightfinder è disponibile sulla maggior parte delle telecamere dotate del sistema su chip proprietario ARTPEC-7 e delle versioni successive di ARTPEC.

Grazie alla riprogettazione completa della pipeline di elaborazione dell'immagine, Lightfinder 2.0 offre immagini ancora più nitide con meno artefatti. Oltre ad aumentare la sensibilità generale della telecamera alla luce, offre anche una riproduzione più accurata dei colori, un miglior bilanciamento del bianco e maggiori possibilità di schiarire ombre e oggetti scuri. Lightfinder 2.0 è anche dotato di nuove impostazioni per il controllo dei filtri temporali e spaziali. I filtri sono particolarmente utili per gli utenti esperti che vogliono ottimizzare l'immagine per l'analisi video.

Informazioni su Axis Communications

Axis permette di creare un mondo più intelligente e sicuro migliorando la sicurezza, la protezione, l'efficienza operativa e la business intelligence. In qualità di azienda leader nelle tecnologie di rete, Axis offre videosorveglianza, controllo accessi, intercom e soluzioni audio, che supporta con applicazioni analitiche intelligenti e una formazione di alta qualità.

Axis ha oltre 5000 dipendenti in più di 50 paesi e collabora con partner tecnologici e integratori di sistemi in tutto il mondo per fornire soluzioni ai clienti. Fondata nel 1984, Axis è una società con sede a Lund, in Svezia.