

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

I sensori per il rilevamento delle intrusioni di gran lunga più diffusi sono i rilevatori di movimento optoelettronici. Essi si basano su radiazioni elettromagnetiche caratterizzate da lunghezze d'onda nel range 0.4-20  $\mu\text{m}$ . Tale range copre lo spettro visibile, il Near-Infrared (NIR), il Middle-Infrared (MIR) e parte del Far-Infrared (FIR). I rilevatori sono utilizzati principalmente per indicare il movimento di persone e animali. Funzionano a distanze che vanno fino a diverse centinaia di metri e, a seconda delle esigenze, possono avere un angolo visivo stretto o ampio.

Il principio di funzionamento dei rilevatori di movimento optoelettronici è basato sul rilevamento della luce riflessa o emessa dalla superficie di un oggetto in movimento.

La luce può essere:

- creata da una sorgente di luce esterna: in questo caso la luce viene poi riflessa dall'oggetto;
- prodotta dall'oggetto stesso nella forma di emissione IR (termica).

Nel primo caso è quindi richiesta una sorgente di luce aggiuntiva (esempi: luce del giorno, lampada elettrica). Nel secondo caso si parla di rilevatori PIR (Passive

Infrared): tali rilevatori percepiscono le emissioni degli oggetti caratterizzati da temperature differenti rispetto allo spazio circostante. In entrambi i

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

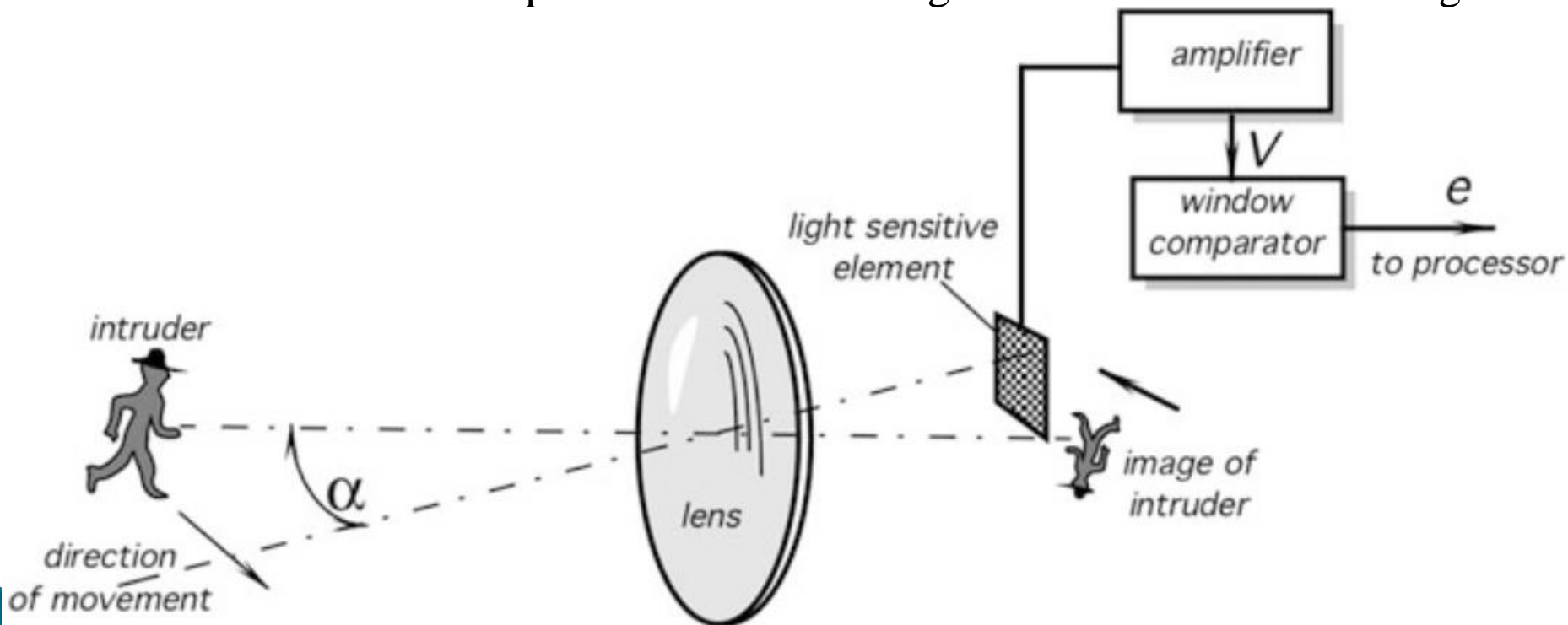
casi viene utilizzato il contrasto ottico per il rilevamento dell'oggetto.

I rilevatori optoelettronici sono utilizzati quasi esclusivamente per rilevare il movimento in modo qualitativo piuttosto che quantitativo. In altre parole, i rilevatori optoelettronici sono molto utili per indicare se un oggetto si muove o meno, mentre non sono in grado di distinguere in modo affidabile un oggetto in movimento da un altro e non possono essere utilizzati per misurare con precisione la distanza da un oggetto in movimento o la sua velocità. Il vantaggio principale di un rilevatore di movimento optoelettronico è la semplicità, l'affidabilità e il basso costo.

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

La struttura generale di un rilevatore optoelettronico è riportata nella figura. Indipendentemente dalla tipologia di elemento sensibile primario, le seguenti componenti sono essenziali: un dispositivo per la messa a fuoco (lente o specchio curvo), un elemento utile al rilevamento della luce e un comparatore a soglia. Un rilevatore di movimento optoelettronico assomiglia a una macchina fotografica.

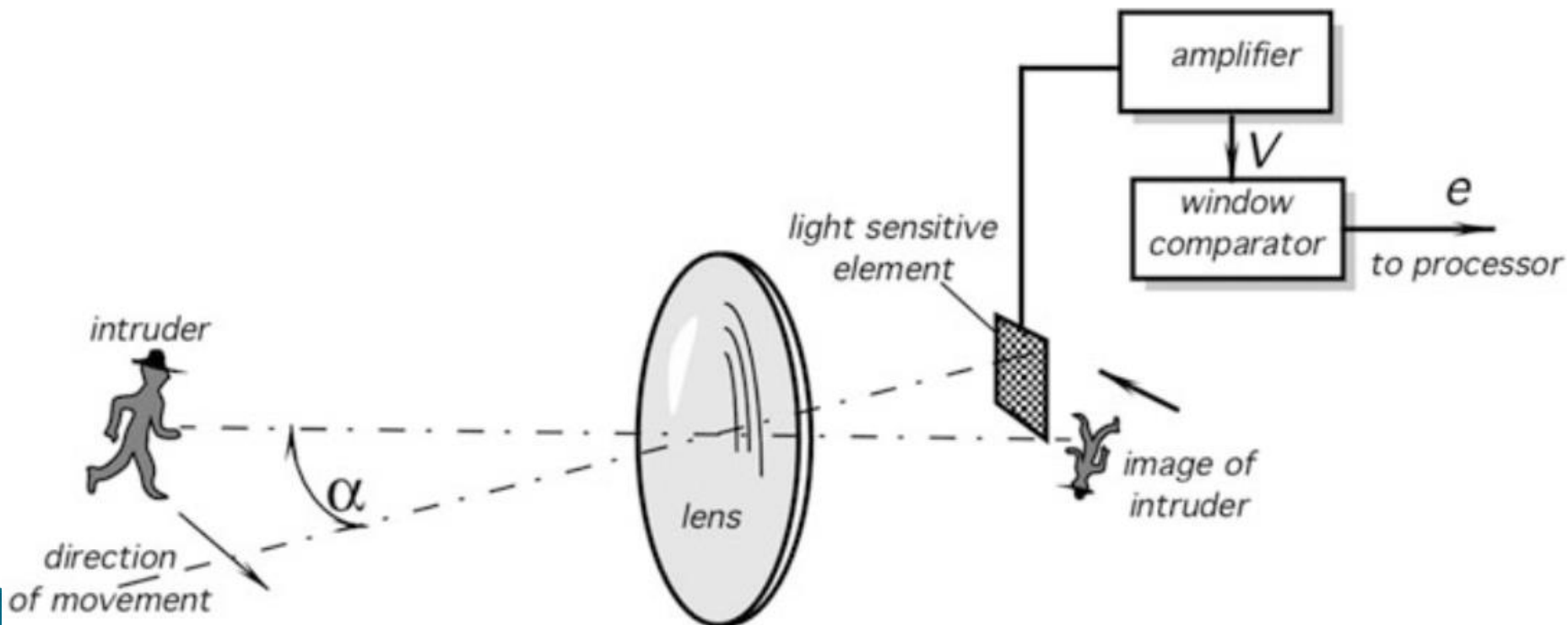


*Struttura generale di un rilevatore di movimento optoelettronico. La lente genera l'immagine dell'oggetto in movimento (intruso). Quando l'immagine attraversa l'asse ottico del sensore, essa coincide con l'elemento di rilevamento della luce.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

La sua componente di messa a fuoco crea un'immagine del campo visivo su un piano focale. Non è presente un otturatore (che invece è presente in una fotocamera), ma al posto del sensore digitale o della pellicola viene utilizzato un elemento sensibile alla luce. L'elemento converte l'energia ottica ricevuta dall'immagine in un segnale elettrico.

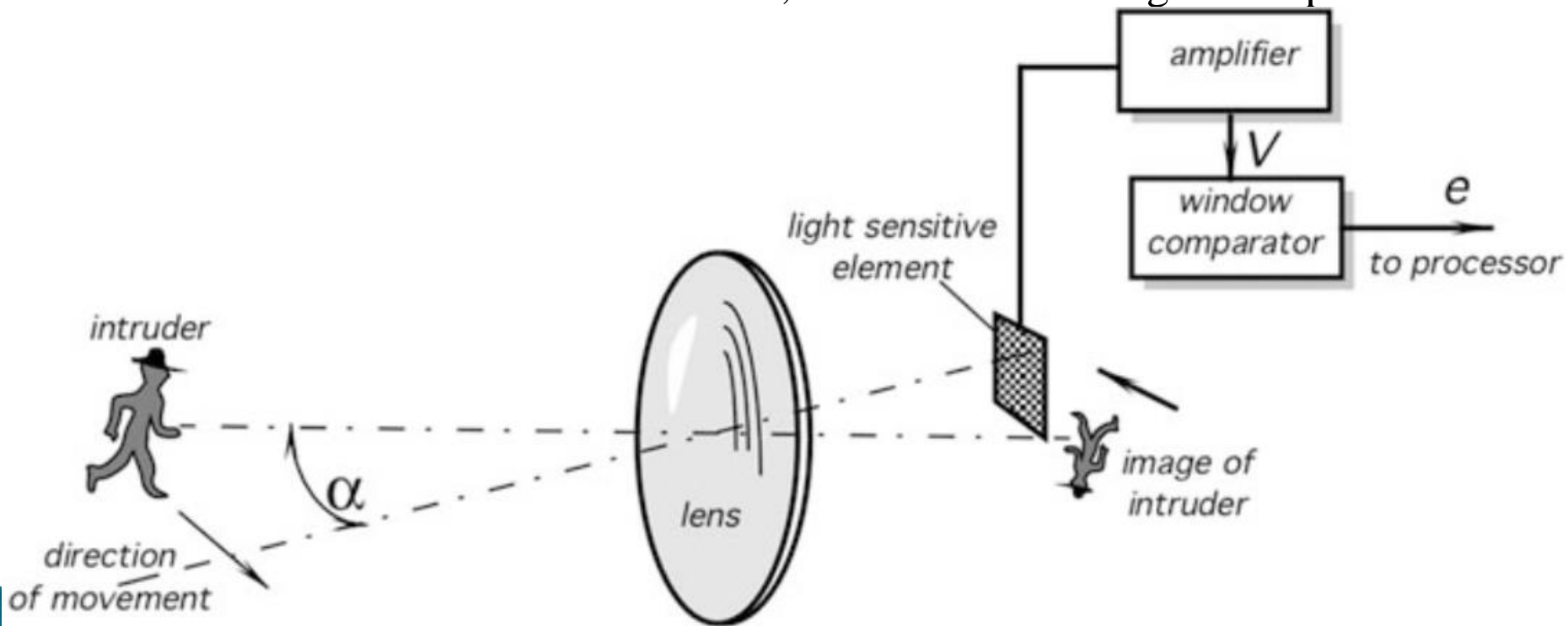


*Struttura generale di un rilevatore di movimento optoelettronico. La lente genera l'immagine dell'oggetto in movimento (intruso). Quando l'immagine attraversa l'asse ottico del sensore, essa coincide con l'elemento di rilevamento della luce.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

Si assuma che il rilevatore di movimento sia installato in una stanza. Una lente crea un'immagine della stanza sul piano focale dove è posizionato l'elemento sensibile alla luce. Se la stanza non è occupata, l'immagine è statica e il segnale in uscita dall'elemento è costante (dipende dalla potenza ottica ricevuta dalla stanza). Quando un «intruso» entra nella stanza e si muove, anche la sua immagine sul piano focale si

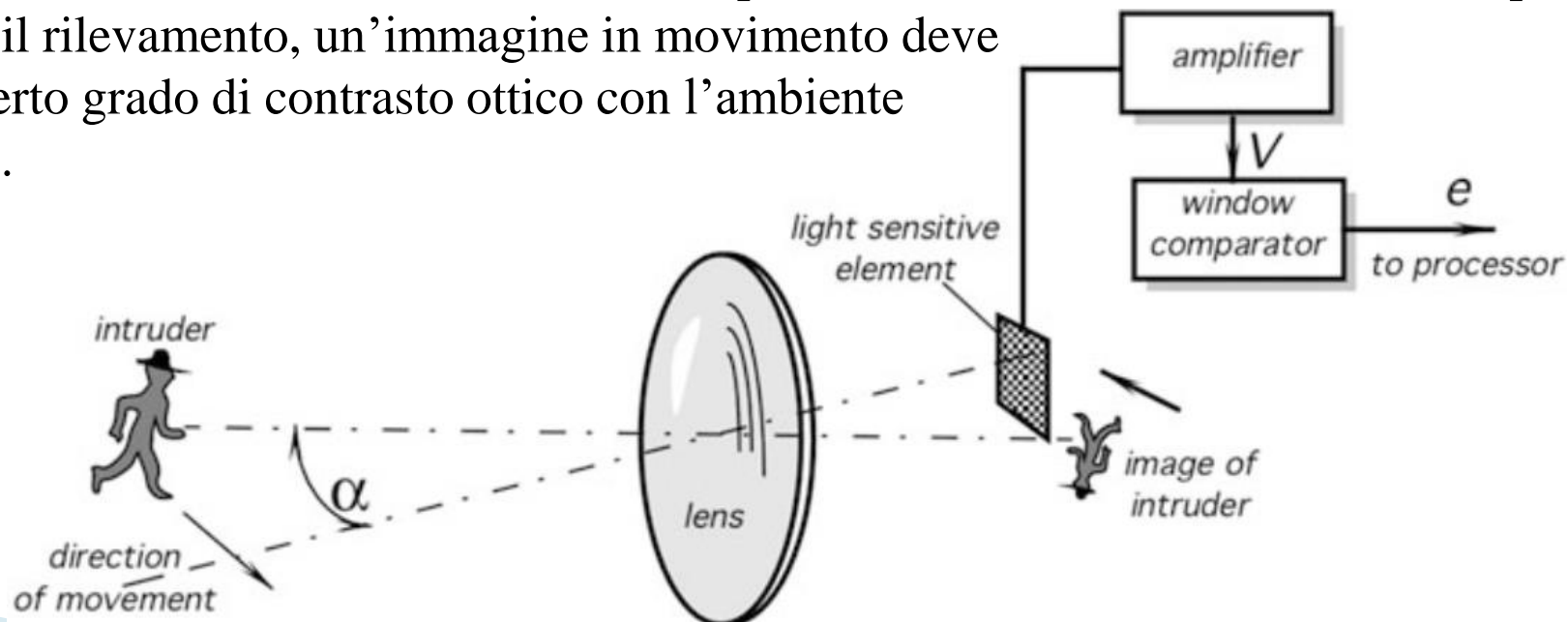


*Struttura generale di un rilevatore di movimento optoelettronico. La lente genera l'immagine dell'oggetto in movimento (intruso). Quando l'immagine attraversa l'asse ottico del sensore, essa coincide con l'elemento di rilevamento della luce.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

muove. In un certo momento, il corpo dell'intruso si sposta da una posizione di riferimento arbitraria di un angolo  $\alpha$  e la sua immagine si sovrappone all'elemento sensibile. Questo è un punto importante da capire: un rilevamento viene prodotto solo nel momento in cui l'immagine dell'oggetto coincide con la superficie dell'elemento o la oltrepassa (*no crossing-no detection*). Supponendo che il corpo dell'intruso crei un'immagine il cui flusso di fotoni è diverso da quello rilevato dall'ambiente statico circostante, l'elemento sensibile alla luce risponde con una tensione  $V$ . Quindi per consentire il rilevamento, un'immagine in movimento deve avere un certo grado di contrasto ottico con l'ambiente circostante.



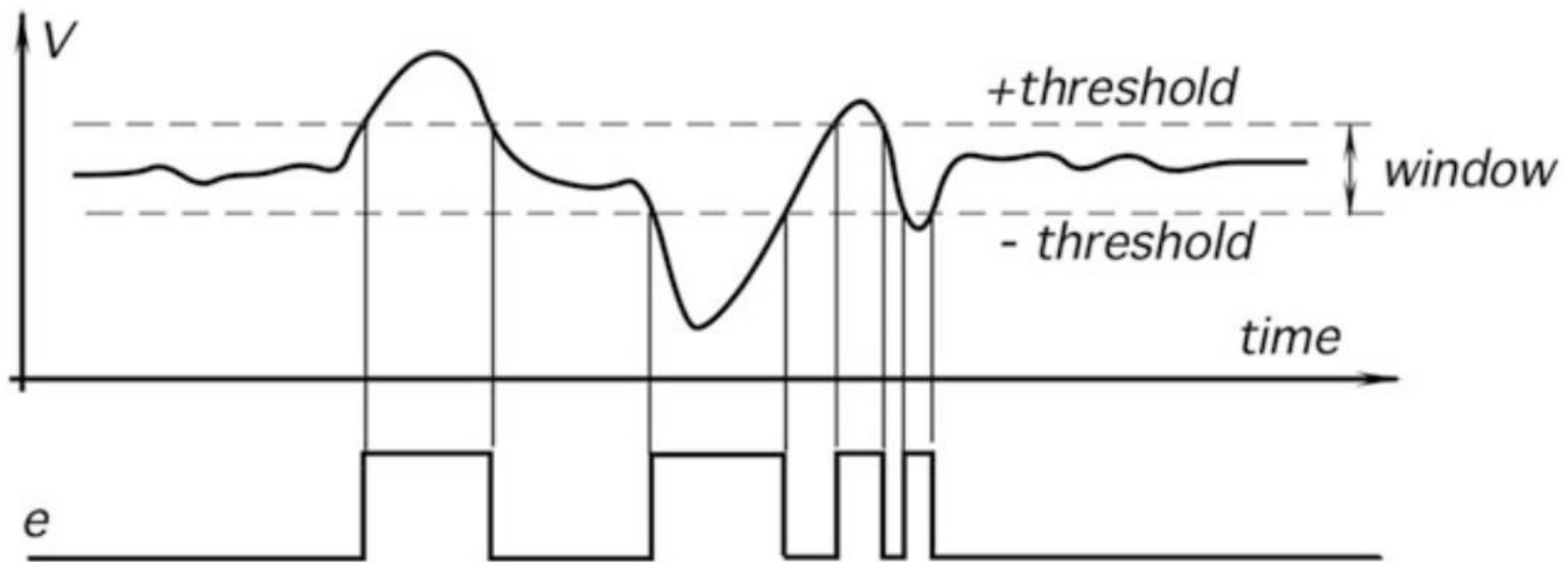
*Struttura generale di un rilevatore di movimento optoelettronico. La lente genera l'immagine dell'oggetto in movimento (intruso). Quando l'immagine attraversa l'asse ottico del sensore, essa coincide con l'elemento di rilevamento della luce.*



# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Rilevatori di movimento optoelettronici*

La figura mostra che il segnale di uscita  $V$  viene confrontato con due soglie in un comparatore a finestra. Lo scopo del comparatore è la conversione del segnale in due livelli logici: 0 (nessun movimento rilevato) e 1 (movimento rilevato). In molti casi, il segnale  $V$  emesso dall'elemento sensibile deve essere prima amplificato e condizionato al fine di ottenere un segnale da poter confrontare con le soglie.



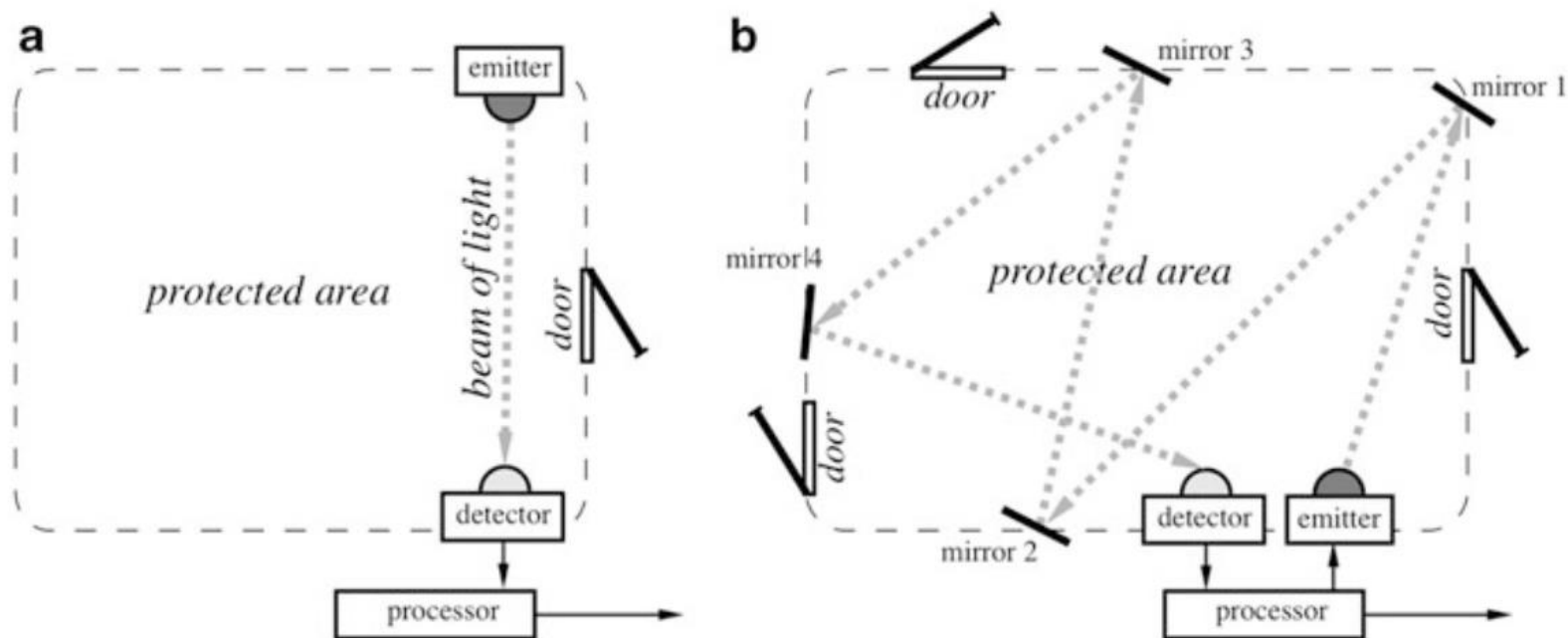
*Struttura generale di un rilevatore di movimento optoelettronico. Il sensore risponde con un segnale elettrico che viene amplificato e confrontato con opportune soglie (finestra) da un comparatore.*

# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors*

Nella categoria dei sensori di presenza associati a principi di ottica fanno parte i sensori che si basano sull'effetto fotoelettrico (*photoelectric-beam interrupters*) e i sensori basati sulla riflessione della luce (*light reflection detectors*).

**Photoelectric-beam interrupters** – Tali rilevatori sono molto utilizzati nei sistemi di sicurezza grazie alla loro alta affidabilità e all'ampio range di rilevamento (fino a 500 metri). L'idea alla base di questi rilevatori è simile a quella di un filo spinato: un intruso occlude un raggio di luce. La parte (a) della figura mostra tale principio. Un

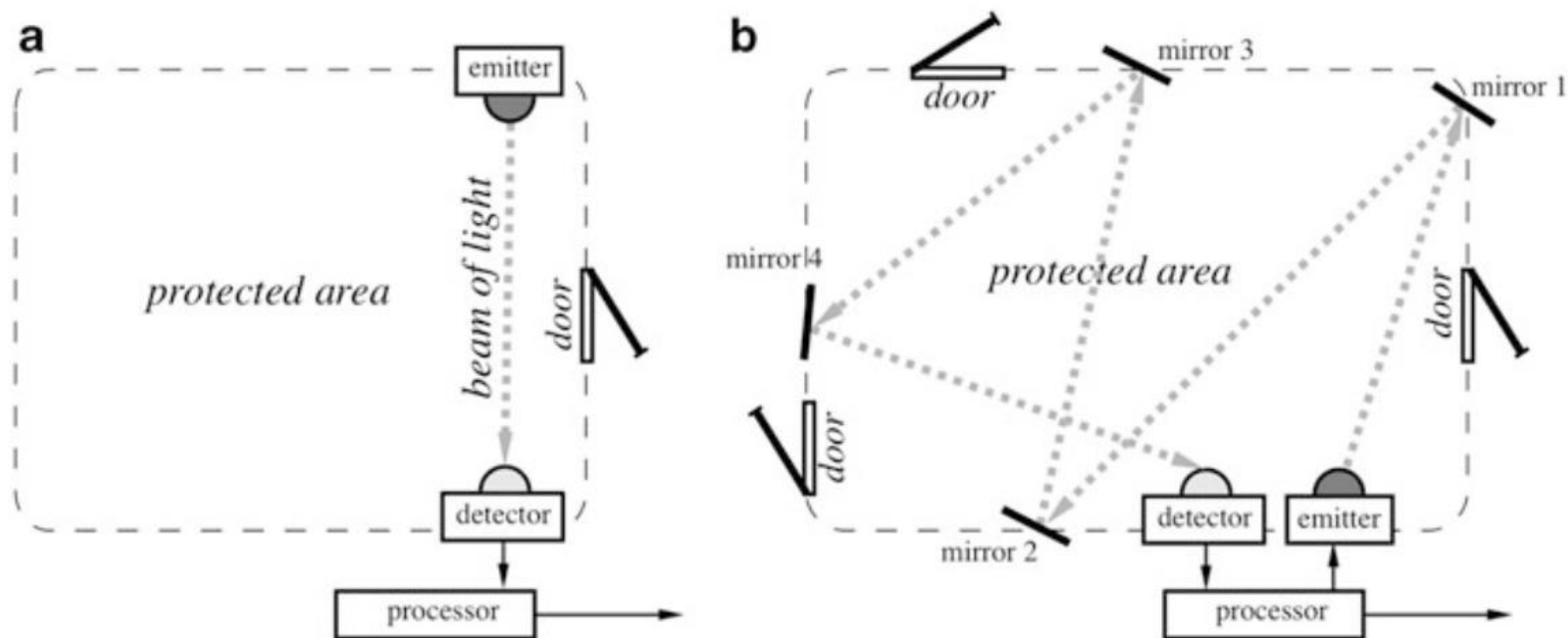




# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors

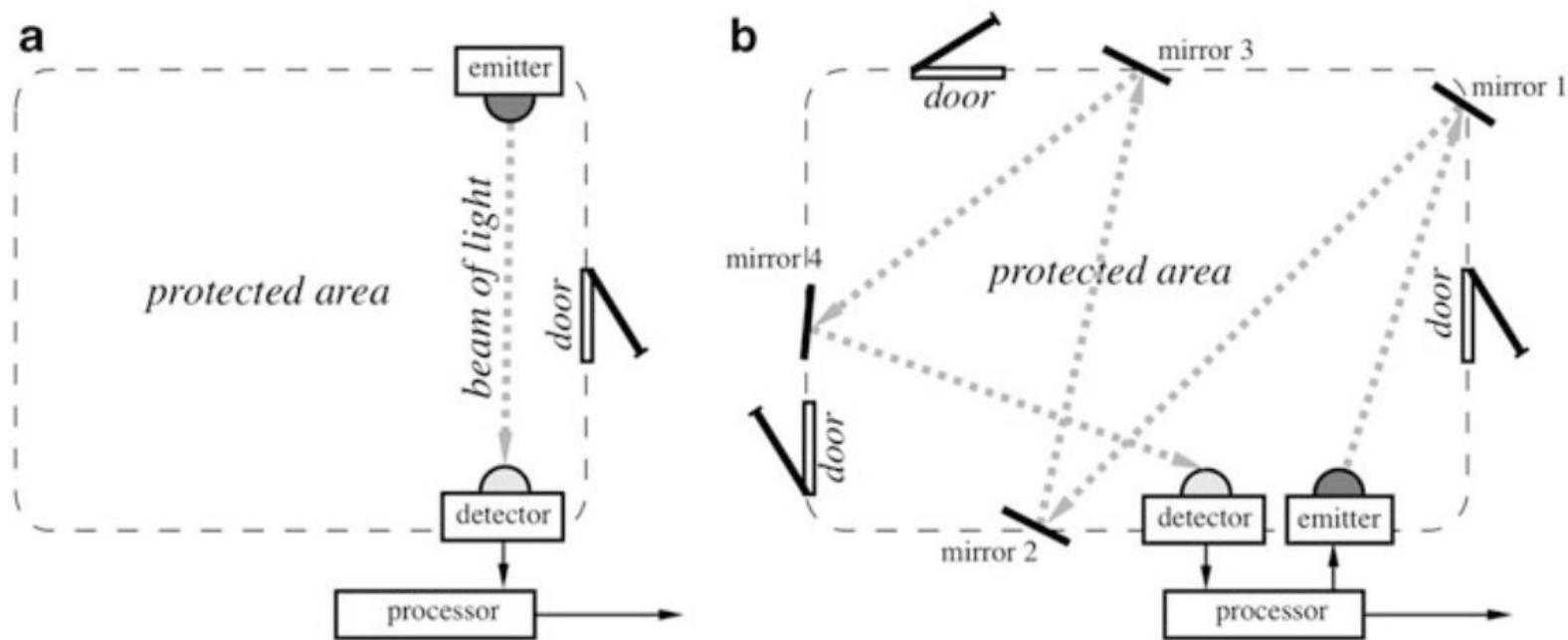
photoelectric beam interrupter include un accoppiatore ottico (*emitter-detector*) che viene installato presso l'entrata dell'area considerata. L'*emitter* emette un fascio stretto di luce a infrarossi (esempio di lunghezza d'onda: 940 nm) verso un *detector*. In condizioni normali, il *detector* registra un'intensità luminosa costante. Quando un intruso interrompe il fascio, il *detector* registra una riduzione improvvisa dell'intensità luminosa e viene emesso un allarme (tenendo conto di opportune soglie associate all'intensità luminosa). Nel caso in cui l'area considerata abbia più punti di ingresso



# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors*

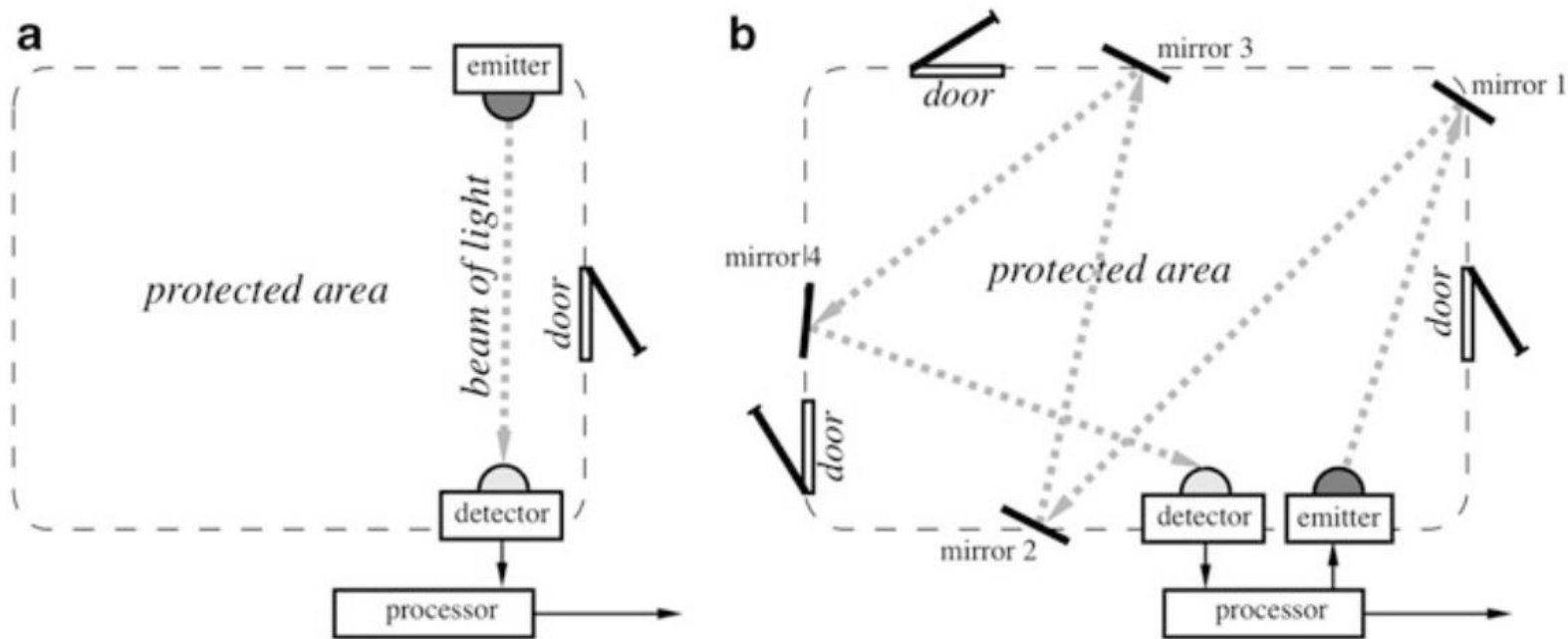
(esempio: sono presenti diverse porte e finestre), un accoppiatore ottico può essere utilizzato per coprire più zone contemporaneamente (si veda la parte (b) della figura). In questo caso, un fascio proveniente dall'*emitter* viene convogliato verso il *detector* attraverso riflessioni multiple all'interno dell'area protetta. Diversi riflettori (specchi) sono posizionati vicino al perimetro e regolati per deviare il fascio in modo sequenziale da uno specchio all'altro e (alla fine) al *detector*. Al fine di avere una buona affidabilità del sistema, l'accoppiatore ottico e gli specchi devono essere fissati



# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors*

saldamente per evitare vibrazioni e movimenti che potrebbero causare deviazioni del fascio di luce. Alcuni svantaggi di questi dispositivi sono la loro sensibilità ai contaminanti presenti nell'aria (che possono sporcare i componenti ottici), la ridotta affidabilità in presenza di nebbia e il consumo energetico relativamente elevato.



# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors*

**Light reflection detectors** – La riflessione della luce è il fenomeno ottico utilizzato abbastanza ampiamente non solo nel rilevamento del movimento ma anche nel rilevamento della presenza di un oggetto in un'area monitorata. Il principio operativo è molto semplice. Il sensore contiene due componenti chiave: una sorgente di luce (*emitter*) e un *photodetector*. Di solito l'*emitter* è un Near-Infrared Light Emitting Diode (NIR LED). Il LED emette luce che illumina gli oggetti che si trovano nel campo visivo del *photodetector*. Il *photodetector* misura l'intensità della luce riflessa dagli oggetti. Per tale scopo, viene ipotizzata una riflessione di background dagli oggetti (riferimento). Quando un nuovo oggetto appare nel campo visivo, esso assorbe più luce o ne riflette di più. Nella maggior parte dei casi altera il livello di riferimento stabilito con una variazione che può essere rilevata da un rilevatore a soglia in un processore elettronico.

Tale sensore non misura la distanza dall'oggetto poiché l'intensità luminosa registrata dipende da molti fattori non noti (esempi: dimensioni dell'oggetto, forma dell'oggetto, materiale dell'oggetto, distanza dell'oggetto dal sensore). Questo sensore è un rilevatore di presenza (in molte applicazioni pratiche è proprio ciò che è necessario).

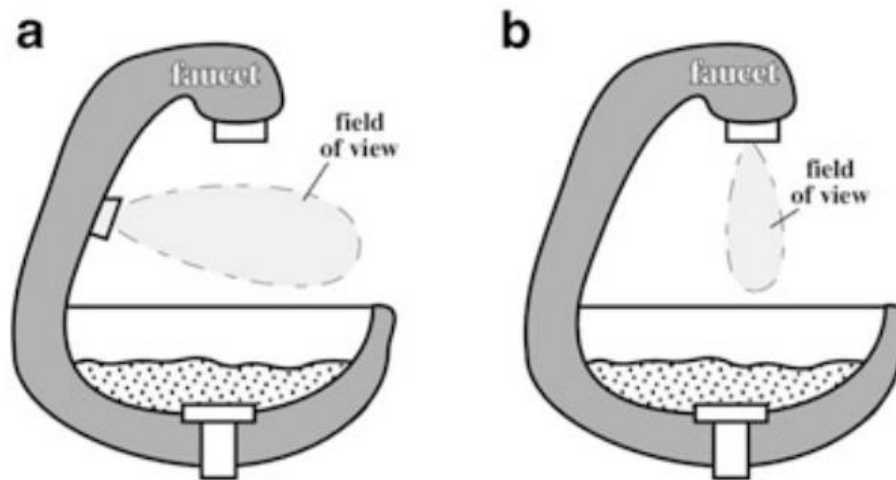
# ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

## *Rilevamento di esseri umani – Optical Presence Sensors*

Al giorno d'oggi, gli *emitter* e i *detector* sono controllati da circuiti integrati intelligenti che migliorano l'affidabilità.

Un esempio è un rilevatore di presenza per il rubinetto di un bagno che viene utilizzato per controllare il flusso dell'acqua quando le mani vengono poste sotto il rubinetto. Rilevatori simili vengono impiegati ad esempio in apparecchi per asciugare le mani, nei wc e negli interruttori della luce.

La figura mostra due possibili installazioni del sensore in un rubinetto di un bagno. È importante assicurarsi che l'area di rilevamento sia situata nella zona dove vengono posizionate le mani.



## *Riferimenti Bibliografici*

- [1] Fraden, J. (2016). Handbook of Modern Sensors. Springer Cham.  
ISBN: 978-3-319-19302-1