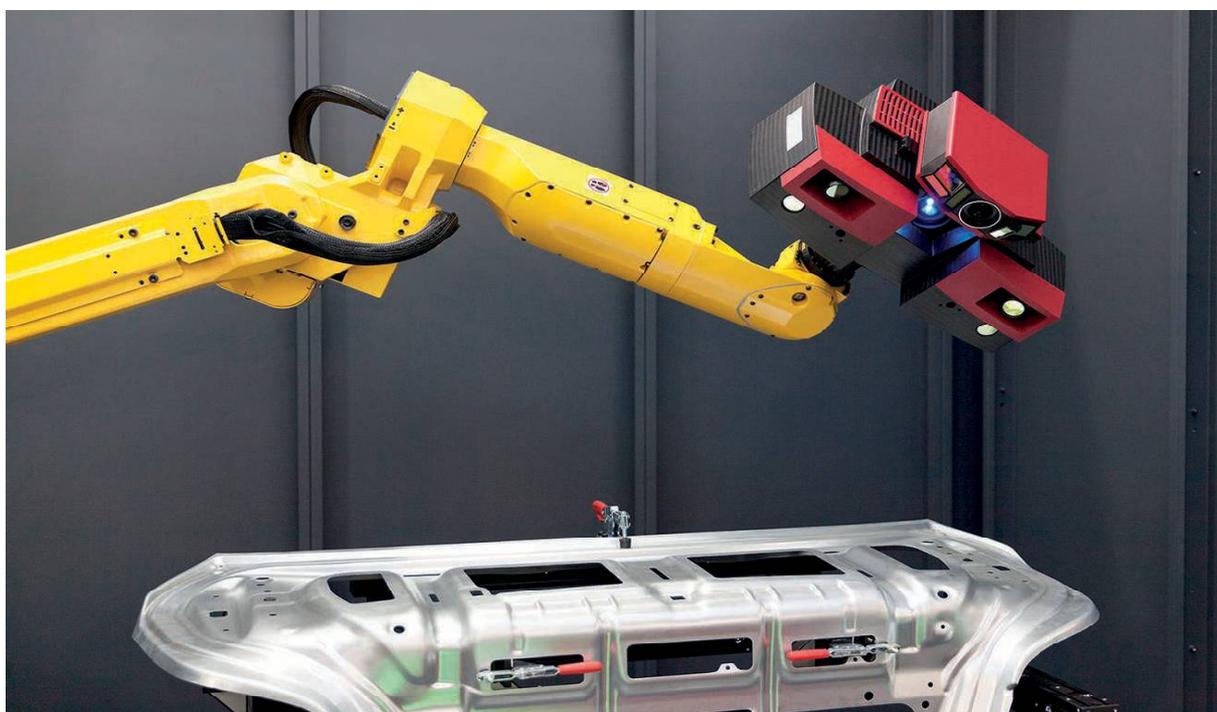




# L'importanza della **robustezza** nelle **lenti** per la visione

Sistema di scansione 3D ad alte prestazioni montato su un braccio robotico.

*High performance 3D scanning system on a robotic arm.*



Quando si utilizzano sistemi calibrati in ambienti industriali - nello specifico, in applicazioni di automazione, robotica e controllo industriale - la stabilità della lente è di primaria importanza. I progettisti ottici possono migliorare questa caratteristica, rendendo la lente più resistente a forti impatti e vibrazioni, attraverso un processo detto *ruggedization* (irrobustimento).

di Daniel Adams

**L**e lenti imaging sono un elemento cruciale nell'industria manifatturiera attuale. Il funzionamento di applicazioni di automazione di fabbrica, robotica e ispezione industriale si basa, infatti, su sistemi di

visione di alta qualità. Purtroppo, applicazioni di questo tipo sono associate a condizioni ambientali difficili come scosse, vibrazioni e cambi di temperatura. Fattori esterni come questi possono alterare la regolazione

degli elementi interni di una lente e generare errori di puntamento, causa di enormi problemi in un sistema che è stato accuratamente calibrato. Per contrastare tutto ciò, sono state sviluppate nuove tipologie di lenti "irrobustite" (*ruggedized*), in grado di far fronte alle sfide della precisione nelle applicazioni industriali.

#### Come gestire l'instabilità

Innanzitutto, è importante comprendere l'impatto che scosse e vibrazioni possono avere sulla performance delle lenti imaging. Una lente a lunghezza focale fissa standard avrà un insieme di elementi allineati con precisione durante il processo di assemblaggio. Questi singoli elementi sono riuniti in una meccanica complessa per consentire la corretta regolazione della messa a fuoco. Inoltre, molte di queste lenti avranno un diaframma iris regolabile composto da un insieme di lamelle di metallo. La Figura 1 mostra una sezione trasversale di una tipica lente a lunghezza focale fissa.

Gli elementi della lente sono posti nella cavità interna del cilindro. Lo spazio tra il diametro esterno della lente e il diametro interno del cilindro è molto ridotto (tipicamente inferiore a 50  $\mu$ ). Nonostante lo spazio limitato, decentrare gli elementi anche di qualche decimo di  $\mu$  è sufficiente per alterare in modo significativo il puntamento della lente. Le vibrazioni o i forti impatti, infatti, possono causare disallineamenti importanti.

In qualsiasi sistema di imaging, l'oggetto è mappato sulla base dell'immagine. Ciò significa che ogni punto

dell'oggetto è correlato a un punto specifico dell'immagine. Se, quindi, un elemento è spostato anche di pochi decimi di  $\mu$ , il puntamento cambia e la posizione dell'immagine si sposta leggermente (instabilità di puntamento). In un sistema calibrato, equipaggiato con un elaborato software in grado di processare algoritmi complessi, lo spostamento, anche minimo,

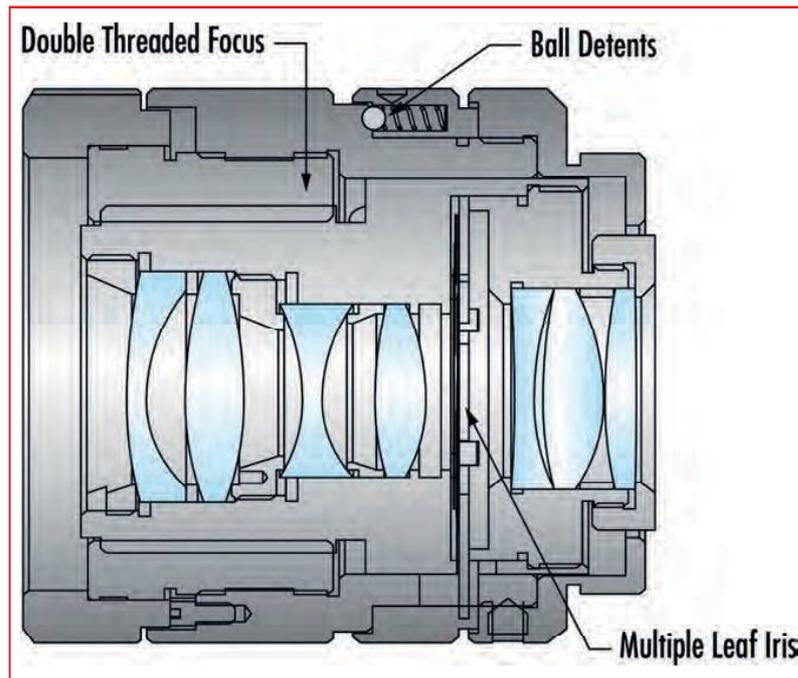


Figura 1. Sezione trasversale di una tipica lente a lunghezza focale fissa.

Figure 1. Cross-section of a typical fixed focal length lens.

#### TECHNIQUE

## The Importance of Ruggedization for Imaging Lenses

*When working with calibrated systems in industrial environments - namely, in applications such as factory automation, robotics and industrial inspection - the stability of the imaging lens is of paramount importance. Optical designers can improve the stability of a lens assembly and its resistance to large impacts and vibrations through a process called ruggedization.*

*Imaging lenses are a critical part of modern industrial manufacturing. Applications such as factory automation, robotics and industrial inspection rely on high-quality machine vision systems to be able to function. Unfortunately, these applications can also be associated with very demanding environmental conditions like shock, vibration and temperature changes. External factors like these can alter the alignment of internal elements in a standard imaging lens and lead to pointing errors, which can cause big problems in a system that has been precisely calibrated. To combat this, new types of ruggedized lenses are being developed that can better cope with the challenges posed by precision industrial applications.*

#### How to cope with instability

*First it is important to understand the impact that shock and vibration can have on the performance*

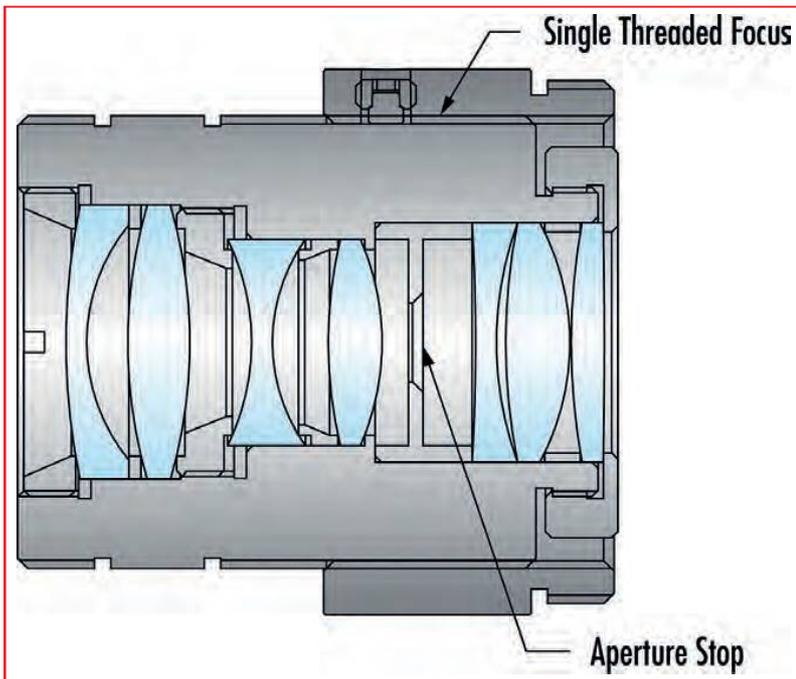


Figura 2.  
Sezione  
trasversale  
di una lente  
industriale  
irrobustita  
(metodi 1 e 2).

Figure 2.  
Cross-section  
of an industrial  
ruggedized lens  
(methods 1 & 2).

of an imaging lens. A standard fixed focal lens will have multiple elements that are all precisely aligned during the assembly process. These individual elements are wrapped in complex mechanics to allow for fine adjustment to the focus. In addition a lot of fixed focal lenses will also have an adjustable iris made up from multiple metal leaves. Figure 1 shows a cross-section of a typical fixed focal length lens. The lens elements sit within the inner bore of the barrel. The space between the outer diameter of the lens and inner diameter of the barrel is minute (typically less than 50 microns). Despite the minimal amount of space, decentering elements by a few tens of microns is enough to significantly affect the pointing of the lens. It is easy to see how vibrations or large shocks could cause misalignments of this magnitude. In any imaging system the object is mapped to the image, this means that each point on the object will be related to a specific point in the image. If an element is then shifted by even a few tens of microns, the pointing will change and the position of the image will shift slightly (pointing instability). For a calibrated system that has elaborate software running complex algorithms an image that shifts, even by a small amount, can completely ruin the results. For example, in high

dell'immagine può alterare completamente il risultato. Per esempio, in applicazioni di grande precisione, come la visione stereo 3D o la sensibilità nella robotica, il puntamento deve essere stabilizzato con valori molto inferiori rispetto a un singolo pixel.

### Tre modi per ottenere la robustezza

I progettisti ottici possono migliorare la stabilità nell'assemblaggio della lente e la sua resistenza a forti impatti e vibrazioni in diversi modi. Questo processo è detto *ruggedization* (irrobustimento) e qui di seguito sono illustrati alcuni dei metodi che possono essere usati.

**1-Rimuovere l'apertura variabile.** Sostituire l'apertura variabile con una fissa è un modo semplice ma efficace. Mentre un diaframma iris a lamelle multiple è molto utile in una lente a lunghezza focale fissa standard con un numero elevato di fragili parti mobili, può invece causare problemi in certe condizioni. Le sottili lamelle del diaframma iris possono facilmente uscire dal loro alloggiamento e, quindi, essere danneggiate in ambienti caratterizzati da scosse o vibrazioni; rimuoverle è un cambiamento semplice che ha

precision applications such as 3D stereo vision or robotics sensing the pointing needs to be stabilized to values much smaller than a single pixel.

### Three ways to reach ruggedization

Optical designers can improve the stability of a lens assembly and its resistance to large impacts and vibrations in several ways. This process is called *ruggedization* and here are some of the methods that can be used.

**1-Removing the variable aperture.** Replacing the variable aperture with a fixed one is a simple but effective change to make. While a multiple leaf iris is very useful in a standard fixed focal lens with a large number of delicate moving parts it can also cause a problem in certain situations. Thin iris leaves can easily spring out of place and be damaged in a high shock or vibration environment; eliminating them is a simple change to greatly improve the survivability of the lens. Figure 2 shows the cross-section of an industrial ruggedized lens (methods 1 & 2).

**2-Simplifying the Focus.** The focusing mechanism can also be simplified: the non-rotating double threaded barrel is replaced with a simple single thread and a rigid locking mechanism, such as a clamp, nut, or several set screws.

**3-Stabilizing the Elements.** To make the lens even more resistant to external vibration and shock the

l'effetto di aumentare notevolmente la durata delle lenti. La Figura 2 mostra una sezione trasversale di una lente industriale irrobustita (metodi 1 e 2).

**2-Semplificare la messa a fuoco.** Anche il meccanismo di messa a fuoco può essere reso più semplice: il cilindro a doppia filettatura non rotante è sostituito da una semplice filettatura singola e da un meccanismo di bloccaggio rigido, che può essere una morsa, un dado o delle viti di fissaggio.

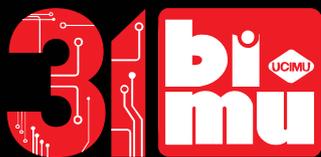
**3-Stabilizzare gli elementi.** Per rendere la lente ancora più resistente alle vibrazioni esterne, i singoli elementi possono essere incollati nelle loro posizioni perché non si muovano all'interno dell'alloggiamento. Dei fori ai lati dell'alloggiamento stesso permettono di aggiungere la colla in punti strategici, garantendo così una maggiore stabilità. La Figura 3 mostra una sezione trasversale di una lente irrobustita stabilizzata, con l'illustrazione di questa tecnica.

#### Equilibrio tra pro e contro

I primi due metodi hanno anche un alto rapporto costo/beneficio, dovuto all'eliminazione di parti meccaniche complesse e a un processo di assemblaggio semplificato. D'altro canto, stabilizzare gli elementi richiede uno sforzo ingegneristico aggiuntivo e un'ulteriore azio-

ne di assemblaggio che implica un aumento dei costi. I metodi 1 e 2, insieme, sono noti come *industrial ruggedization* (vedi Fig. 2). Il metodo 3 (insieme con l'1 e il 2) è noto come *stability ruggedization* (vedi Fig. 3).

La combinazione di alcuni - o tutti - questi metodi permette ai progettisti di realizzare lenti molto stabili e affidabili, ma ci sono anche degli svantaggi, tra cui spicca una minore flessibilità. Cambiare la f-stop senza un'apertura variabile non è un compito semplice e, nella maggior parte dei casi, implica l'utilizzo di una lente diversa. Utilizzando solo una filettatura singola per il fuoco, la corsa non sarà liscia e farà sì che l'ottica ruoti durante la messa a fuoco: anche questo può provocare instabilità nel puntamento. Inoltre, il meccanismo di bloccaggio più rigido rende molto più complicato regolare il fuoco e tipicamente richiede attrezzi speciali, come chiavi esagonali o grosse chiavi inglesi. Tuttavia, nella gran parte delle applicazioni industriali questi svantaggi non generano problemi, dal momento che le lenti standard sono solitamente utilizzate per determinare le impostazioni per la macchina. Una volta stabilite le impostazioni, una lente irrobustita può essere sostituita nell'applicazione e impostata una volta secondo fuoco e f-stop appropriati senza necessità di ulteriori modifiche.



**fieramilano**  
9-13/10/2018

Macchine utensili a asportazione e deformazione, robot, automazione, digital manufacturing, tecnologie ausiliarie, tecnologie abilitanti.

Metal cutting and metal forming machines, robots, automation, digital manufacturing, auxiliary technologies, enabling technologies.



**THE DIGITAL ERA  
OF MACHINE TOOLS**

[bimu.it](http://bimu.it)



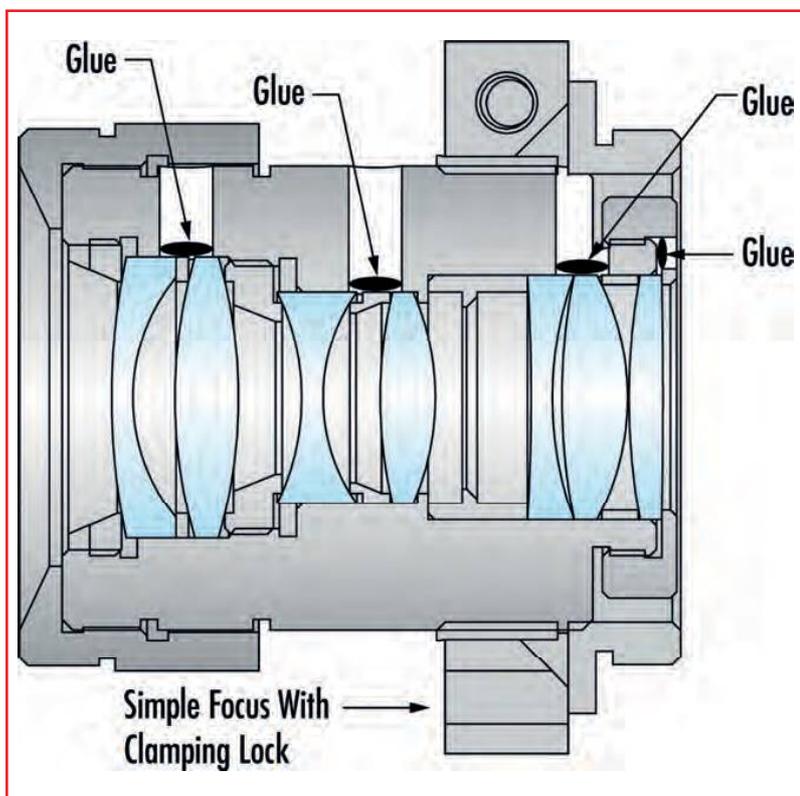


Figura 3.  
Sezione  
trasversale  
di una lente  
irrobustita  
stabilizzata.

Figure 3.  
Cross-section  
of a stability  
ruggedized lens.

individual elements can be glued in place to prevent them from moving within the housing. Holes in the side of the housing allow glue to be added at strategic points to provide even more stability. Figure 3 shows the cross-section of a stability ruggedized lens, illustrating this technique.

#### A balance between pros and cons

The first two methods also add an additional cost benefit as complex mechanics are being removed, as fewer parts and a simplified assembly process leads to overall cost savings. Conversely, stabilizing the elements requires additional engineering and assembly efforts leading to an increased cost. Methods 1 and 2 together are known as Industrial Ruggedization (see Fig. 2). Method 3 (together with 1 and 2) is known as Stability Ruggedization (see Fig. 3).

Combining some or all of these methods allows designers to produce very stable, reliable lenses but there are also some disadvantages, the main one being a loss of flexibility. Changing the f-stop without a variable aperture is not a simple task and in most cases would require a different lens to be used. Using only a single thread for the focus

#### La stabilità delle lenti di imaging

Quando si utilizzano sistemi calibrati in ambienti industriali, la stabilità della lente è di primaria importanza. Se il punto di un oggetto è al centro del campo visivo e ricade esattamente nel pixel centrale, deve sempre ricadere lì. Il processo di irrobustimento è un modo per garantire la stabilità e proteggere contro vibrazioni e urti provenienti dall'esterno. È necessario sacrificare la stabilità ma una volta determinate le impostazioni finali questo non è più un problema: poter fissare tutto in modo sicuro garantisce un grande vantaggio. Esistono diversi livelli di robustezza, ed è importante considerare le esigenze di ogni singola applicazione per essere sicuri di avere la giusta combinazione di costo e prestazioni. ■

(Daniel Adams è Product Marketing Manager, Edmund Optics Europe)

means that the travel will not be smooth and will rotate the optics during focusing; this can also cause pointing instability. In addition, the more rigid locking mechanism makes it much more difficult to adjust the focus, typically requiring special tools like hex drivers or large wrenches. However, in most industrial applications these disadvantages will not cause problems since standard lenses will likely be used to determine the setting for the machine. Once the machine setting is determined a ruggedized lens can be substituted into the application and set once to the appropriate focus and f-stop without being changed again.

#### The stability of the imaging lens

When working with calibrated systems in industrial environments the stability of the imaging lens is of paramount importance. If an object point is in the center of the field of view and falls on the exact center pixel, it must always fall there. Ruggedization provides a way to guarantee this stability and protect against external shock and vibration. It is necessary to sacrifice flexibility but once the final settings have been determined this is no longer a problem, in fact being able to securely lock everything in place is hugely beneficial. There are varying levels of ruggedization and it is important to consider any individual application requirements to be sure to get the right combination of price and performance. ■

(Daniel Adams is Product Marketing Manager, Edmund Optics Europe)