

# Come massimizzare le prestazioni di un sistema di imaging

di Daniel Adams



Allestire un sistema di imaging non è un compito facile: sono molti i fattori da considerare e un'ampia gamma di componenti fra cui scegliere. L'obiettivo finale, tuttavia, rimane quello di massimizzare le prestazioni del sistema e, allo stesso tempo, ridurre i costi. Edmund Optics ha stilato un breve elenco di suggerimenti per creare sistemi di imaging sofisticati, economici e applicabili a varie applicazioni.



**L**e ottiche sono ovunque, e rappresentano una parte fondamentale della tecnologia, della ricerca e dell'industria. Questo è particolarmente evidente in settori come la visione industriale, dove l'efficienza dei sistemi si basa sulla qualità delle immagini che devono essere elaborate. Edmund Optics (EO) produce e fornisce componenti ottici di precisione, componenti di imaging e sottoinsiemi. Edmund Optics fu fondata 75 anni fa, nel 1942, con il nome di Edmund Scientific, quando Norman Edmund

iniziò a recuperare le ottiche e a distribuirle ad altri appassionati. Da allora l'impresa è cresciuta moltissimo, fino a diventare il fornitore globale di ottica di precisione che è oggi. EO è specializzata anche in sistemi di imaging e propone un'ampia gamma di lenti conosciute col nome di TECHSPEC® progettate e prodotte in-house. La gamma TECHSPEC comprende una linea completa di lenti a lunghezza focale fissa e una serie di prodotti telecentrici che coprono un'ampia varietà di dimensioni, distanze di lavoro e campi visivi dei sensori. Con più di 150 ingegneri in tutto il mondo, EO possiede anche tutte le competenze tecniche necessarie per progettare e realizzare assemblaggi personalizzati. Dalla scansione dei codici a barre fino all'assemblaggio robotizzato, EO ha aiutato clienti in tutto il mondo a trovare la soluzione giusta per le loro esigenze. Allestire un sistema di imaging non è un compito facile: ci sono molti fattori da considerare, e un'ampia gamma di componenti fra cui scegliere. L'obiettivo finale, tuttavia, rimane sempre lo stesso, cioè quello di massimizzare le prestazioni del sistema e, allo stesso tempo, ridurre i costi. Gli specialisti EO hanno stilato questo breve elenco di suggerimenti per creare sistemi di imaging che siano sofisticati, economici e applicabili a varie applicazioni.

### #1 - Assicurarsi di avere abbastanza spazio

Il rapporto fra la distanza di lavoro e il campo visivo è un fattore molto importante di cui tenere conto. Vedendo come la tecnologia fotografica moderna stia diventando sempre più compatta, è facile essere tentati dal realizzare un sistema di imaging nel minor spazio possibile. Questa, però, non sempre è una buona idea perché potrebbe implicare problemi in termini di costi e prestazioni. Come regola generale, è bene ricordarsi che la distanza di lavoro dovrebbe essere fra le due e le quattro volte più grande del campo visivo. La Figura 1 mostra un esempio di un sistema di imaging che segue questa regola, e di uno che la infrange. In entrambi i casi, le lenti proiettano un campo visivo di 100 mm su dei sensori con le stesse dimensioni. A causa della differenza nella distanza di lavoro, tuttavia, la luce entra nella lente 1a con degli angoli molto più ampi. C'è anche una maggiore variazione nella lunghezza del percorso sul campo visivo, il che significa che la lunghezza della linea blu al centro di 1a è molto più corta rispetto a quella rossa e a quella viola ai lati della figura. Questi problemi non solo causano un calo delle prestazioni, ma anche un aumento dei co-

#### TECHNIQUE

## How to Maximise the Performance of an Imaging System

*Setting up an imaging system is not a straightforward task, as there are many factors to consider and a wide range of components to choose from. The end goal is always to maximize system's performance and minimize cost. Edmund Optics have come up with some tips for creating sophisticated and cost effective imaging systems that are applicable for most applications.*

Optics are everywhere and are a crucial part of modern technology, research and industry. This is particularly apparent in fields like machine vision, where the system is only as good as the image it has to work with. Edmund Optics (EO) manufactures and supplies precision optical components, imaging components and subassemblies.

Edmund Optics began as Edmund Scientific 75 years ago in 1942 when Norman Edmund started to salvage surplus optics and distribute them to other optical enthusiasts. The enterprise has grown since then into the global precision optics company it is known as today. EO is also

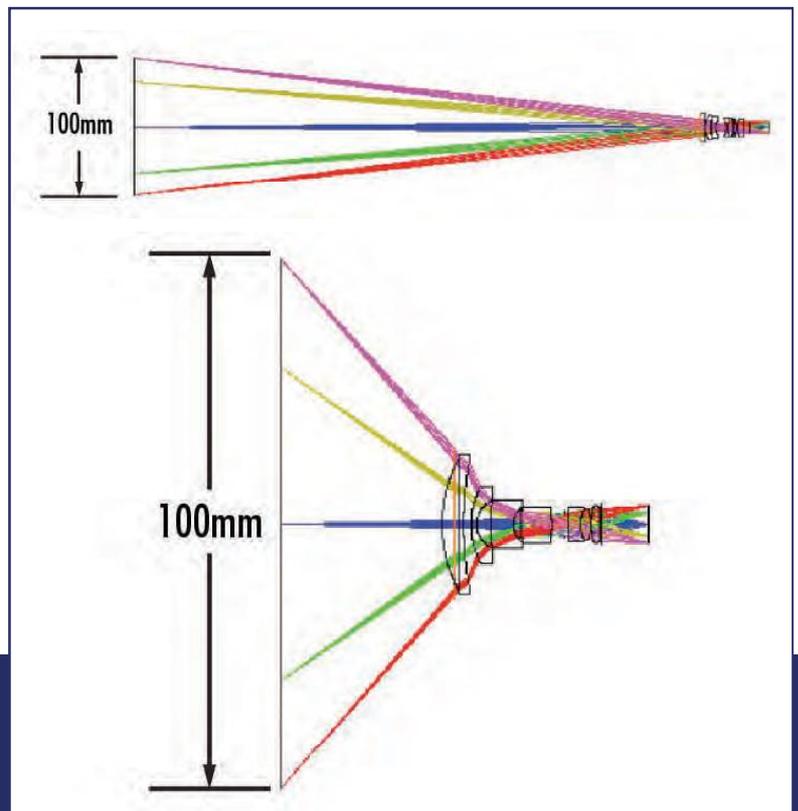


Figura 1. Due tipi di lenti, 1a (sopra) e 1b (sotto) con lo stesso campo visivo e diverse distanze di lavoro. Nel caso 1a la distanza è di 50 mm, mentre in caso 1b è di 300 mm.

Figure 1: Two Lens Designs, 1a (top) and 1b (bottom), with the same field of view and different working distances. In 1a the distance is 50 mm, in 1b it's 300 mm.

a specialist in imaging and offers a wide range of off-the-shelf imaging lenses that are designed and manufactured in house, known as the TECHSPEC® imaging lenses. This TECHSPEC range includes a full selection of fixed focal length and telecentric product lines covering a variety of sensor sizes, working distances, and fields of view. With over 150 engineers on staff worldwide, EO also has the technical capabilities required to specify and design custom assemblies. From barcode scanning to robotic assembly, EO has helped customers all over the world find the right solution.

Setting up an imaging system is not a straightforward task, as there are many factors to consider and a wide range of components to choose from. The end goal is always the same, however - to maximize system's performance and minimize cost. EO's imaging specialists have come up



Figura 2. Illustrazione dei parametri fondamentali di un sistema di imaging.

Figure 2: Illustration of fundamental imaging system parameters.

with the following tips for creating sophisticated and cost effective imaging systems that are applicable for most applications.

### #1 - Make sure you have enough room

The working distance to field of view ratio is a very important factor to consider. With modern consumer camera technology becoming more and more compact it is tempting to try and squeeze an imaging system into as small a space as possible.

This is usually not a good idea and will most likely lead to issues with both performance and cost. As a general rule, the working distance should be between two and four times larger than the field of view. Examples of imaging systems that both break and follow this rule are shown in Figure 1. In both cases, the lenses are imaging a 100 mm field of view onto the same sensor size. However, because of the difference in working distance, the light is entering the lens in 1a at much larger angles. There is also a larger variation in path length across the field,

sti, per via della complessità aggiuntiva del design ottico. Per motivi simili, è una buona idea anche mantenere il rapporto fra la lunghezza focale e la diagonale del sensore a due/quattro, in modo da ottenere le migliori prestazioni possibili. La distanza di lavoro e il campo visivo non sono gli unici fattori a determinare quanto spazio sia necessario per il sistema di imaging. Tra i fattori da considerare ci sono anche una corretta illuminazione e le dimensioni delle lenti. È dunque importante, nei limiti del possibile, pensare sempre per prima cosa alle necessità di spazio del sistema di imaging. Di solito è molto più facile costruire le parti meccaniche ed elettroniche attorno ai componenti di visione piuttosto che il contrario.

### #2 - Non dimenticarsi dell'illuminazione

Pur essendo spesso trascurata, l'illuminazione è una parte essenziale di qualsiasi sistema di imaging. Per fare in modo che qualunque lente o sensore funzioni in maniera efficiente, serve una corretta illuminazione per produrre un forte contrasto. La quantità di luce e la geometria del setup sono entrambi elementi importanti, e l'opzione migliore dipenderà dalle caratteristiche dell'oggetto in esame. Il tipo di materiale, la finitura superficiale e gli elementi di interesse possono cambiare completamente il tipo di illuminazione necessaria. È quindi fondamentale comprendere appieno l'oggetto e l'intera gamma di dettagli che il sistema di imaging dovrà rilevare. Anche la lunghezza d'onda (colore) dell'illuminazione può avere un forte impatto sul

meaning that the length of the blue line in the center of 1a is much shorter than the red and magenta lines at the figure's edge. Not only do these issues cause a drop in performance, but there is also an increase in cost due to the additional complexity of the optical design. For similar reasons it is also a good idea to have a focal length to sensor diagonal ratio between two to four to maximise performance. The working distance and field of view are not the only factors that determine how much space you need for your imaging system, as proper illumination and the size of the lens itself are also things to consider. This is why it is important to think about the space requirements for the imaging system first wherever possible. It is usually much easier to build mechanics and electronics around the vision components rather than the other way around.

### #2 - Don't forget illumination

While it is often neglected, illumination is an essential part of any imaging system. For any lens and sensor to work effectively proper lighting is required to produce strong contrast. The amount of light and the geometry of the setup are both important and the best option will depend on the characteristics of the object under

risultato finale, ed è un altro aspetto importante di cui tenere conto. Dopo aver investito in lenti e sensori ad alte prestazioni, un altro modo per migliorare ulteriormente il sistema può essere quello passare dalla banda larga a una fonte monocromatica. Inoltre, un'applicazione può essere particolarmente indicata per una specifica lunghezza d'onda, e passare da lunghezze d'onda più lunghe a lunghezze d'onda più corte (ad esempio, passando dal rosso al blu) potrebbe produrre benefici.

### #3 - Capire i parametri fondamentali

La vasta gamma di lenti e sensori disponibili sul mercato può spesso confondere. Un buon metodo per iniziare a progettare un sistema è quello di restringere i parametri specifici richiesti dall'applicazione. Una volta decisi alcuni parametri fondamentali, il processo di selezione sarà molto più semplice. La Figura 2 mostra un'illustrazione di questi fondamentali parametri.

Definire il campo visivo e la distanza di lavoro dovrebbe consentire di giungere a una selezione gestibile di lenti e fotocamere fra cui scegliere. A questo punto è anche importante comprendere la relazione fra questi parametri, e accettare il fatto che esistono delle limitazioni fisiche a quello che è possibile.

Ad esempio, è impossibile ottenere sia un'alta risoluzione che una grande profondità di campo. Le leggi della fisica, molto semplicemente, non permettono che questi due fattori coesistano. In situazioni del genere, biso-



gna trovare dei compromessi, oppure si riveleranno necessarie soluzioni più elaborate, come i sistemi multipli. È anche importante ricordare che non esistono soluzioni universali; questo è vero oggi più che mai. La continua riduzione delle dimensioni dei pixel nei sensori aumenta sempre più le richieste di risoluzione delle ottiche di imaging. Dunque, minimizzare le aberrazioni è diventato sempre più difficile su una vasta gamma di distanze di lavoro e campi visivi. Per questa ragione i produttori di lenti offrono una gamma così ampia di prodotti per applicazioni simili. Ricordarsi di questi tre suggerimenti è importante per assemblare un sistema di imaging efficace ed economico, ottimizzando al tempo stesso le prestazioni. ■

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

Edmund Optics produce e fornisce componenti ottici di precisione, componenti di imaging e sottoinsiemi.

*Edmund Optics manufactures and supplies precision optical components, imaging components and subassemblies.*

*inspection. The type of material, surface finish, and features of interest can completely change the type of illumination required, making it extremely important to fully understand the object and the full range of details that the imaging system will need to handle. The wavelength (color) of the illumination can also have a large impact on performance and is another important aspect to consider. After investing in a high performance lens and sensor, switching from a broadband to a monochromatic source can give significant further improvements. It is also often the case that an application will be particularly suited to a specific wavelength and switching from long wavelengths to shorter wavelengths (such as from red to blue) could have real benefits.*

### #3 - Understand the fundamental parameters

*The wide array of lenses and sensors offered can often be overwhelming. A good way to start designing a system is to narrow down the specific parameters required for the application. Once a few fundamental parameters have been decided the selection process will become much easier. Figure 2 shows an illustration of these fundamental parameters. With just the field of view and working*

*distance defined it should be possible to come up with a manageable selection of lenses and cameras to choose from. At this stage it is also important to understand the relationship between these parameters and appreciate that there are physical limitations to what is possible. For example, it is impossible to have both a high resolution and a large depth of field. The laws of physics simply won't allow both of these things to coexist. In situations like this, compromises will be necessary or more elaborate solutions, like multiple systems, will be needed. It is also important to remember that there is no universal solution; this is truer now than ever before. With reductions in sensor pixel size constantly increasing the resolution requirements of imaging optics, minimizing aberrations becomes increasingly harder over a wide range of working distances and fields of view. This is why lens manufacturers offer such a wide range of products for similar applications. Keeping these 3 considerations in mind will help you assemble a cost-effective imaging system while optimizing your performance.* ■

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