



Automotive  
Test Solutions

Embedded  
JTAG Solutions

Industrial  
Function Test

Inspection Solutions  
AOI · AXI · SPI · IVS

INLINE AXI SYSTEM X LINE · 3D

Individuare i difetti guardando ciò che è nascosto  
Detecting faults by looking into what is hidden



# Agenda



Technology



Manual and automatic X-ray inspection



2D, 2.5D, 3D X-Ray



Basic system design

# Agenda



Technology



Manual and automatic X-ray inspection

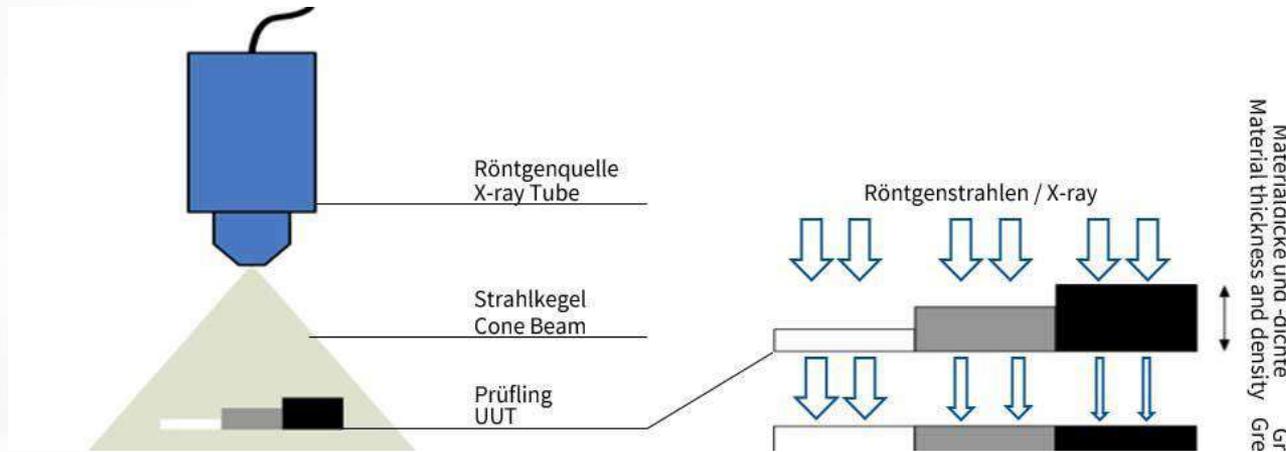


2D, 2.5D, 3D X-Ray



Basic system design

Una sorgente di raggi X è posizionata di fronte a un rivelatore di immagini a raggi X. Queste sono onde elettromagnetiche simili alla luce. Tuttavia, con una lunghezza d'onda molto più corta, riescono a penetrare la materia. Quando un oggetto viene penetrato, una parte dei raggi X viene assorbita; più densa è l'area dell'oggetto penetrato, maggiore sarà l'assorbimento. Il rivelatore cattura la radiazione e la visualizza in diverse tonalità di grigio, a seconda dell'intensità. I materiali e le aree più densi o più spessi appaiono solitamente più scuri nell'immagine radiografica digitale, ad esempio ferro o piombo. Le aree più sottili e meno dense appaiono più chiare, ad esempio materiali come plastica, carta o aria. In questo modo si crea la familiare immagine radiografica, che può poi essere visualizzata, elaborata digitalmente e valutata.



An X-ray source is placed opposite an X-ray image detector and generates X-rays. These are electromagnetic waves like light. However, with a much shorter wavelength, they can penetrate matter. When an object is penetrated, some of the X-rays are absorbed; the denser the area of the object that is penetrated, the more is absorbed. The detector captures the radiation and displays it in different shades of grey, depending on the intensity. Denser or thicker materials and areas usually appear darker in the digital X-ray image, for example iron or lead. Thinner and less dense areas appear lighter, for example materials such as plastic, paper, or air. This creates the familiar X-ray image, which can then be displayed, digitally processed, and evaluated.

Nell'ispezione automatizzata a raggi X di gruppi o componenti elettronici, l'UUT viene transilluminato da un fascio di raggi X a forma di cono in un alloggiamento a tenuta di radiazioni. L'immagine radiografica ingrandita viene registrata su un rivelatore sottostante. I sistemi di ispezione a raggi X possono essere utilizzati come parte di linee di produzione (inline) o come isole di ispezione installate separatamente (offline). In entrambi i casi, l'oggetto da testare viene alimentato tramite moduli a nastro e trasportato ulteriormente dopo l'ispezione. La durata del processo radiografico completamente automatico è decisiva per il tempo ciclo nella linea di produzione. La procedura in linea viene spesso utilizzata per la produzione di grandi volumi. Per le analisi su prototipi, per piccole quantità o quando limitate a campioni casuali, i sistemi di ispezione a raggi X vengono utilizzati anche come sistemi manuali. In questo caso la macchina viene caricata e scaricata manualmente, staccata dalla linea di produzione.



In the automated X-ray inspection of electronic assemblies or components, the UUT is transilluminated by a cone-shaped X-ray beam in a radiation-tight housing. The magnified X-ray image is recorded on a detector underneath. X-ray inspection systems can be used as part of production lines (inline) or as a separately installed inspection island (offline). In both cases, the test object is fed in via belt modules and transported further after inspection. The duration of the fully automatic X-ray process is decisive for the cycle time in the production line. The inline procedure is often used for large-volume production. For prototype analyses, for small quantities or when limited to random samples, X-ray inspection systems are also used as manual systems. In this case, the machine is loaded and unloaded manually, detached from the production line.

# Agenda



Technology



Manual and automatic X-ray inspection



2D, 2.5D, 3D X-Ray



Basic system design

I sistemi radiografici manuali, i cosiddetti MXI (Manual X-ray Inspection), sono diversi dai sistemi radiografici offline sopra menzionati. Non offrono la possibilità di integrazione in una linea di produzione e vengono utilizzati solo per ispezionare casualmente i giunti di saldatura nascosti. Offrono un ingresso relativamente economico nel mondo dei raggi X e possono essere utilizzati per l'avvio della produzione e l'analisi di prototipi. I sistemi MXI sono in grado di produrre immagini radiografiche ad alta risoluzione con un elevato grado di dettaglio.

Similmente a un microscopio, l'utente inserisce manualmente un gruppo nel sistema e può generare "l'immagine radiografica ideale" attraverso il libero movimento della catena di immagini radiografiche e dell'UUT. Gli svantaggi di questi sistemi sono il caricamento e l'analisi manuali. Per motivi di tempo ciclo, di solito non è possibile effettuare un controllo al 100% di tutti i gruppi realizzati. Inoltre, a causa del fattore umano non viene fornita una valutazione sempre identica delle immagini.

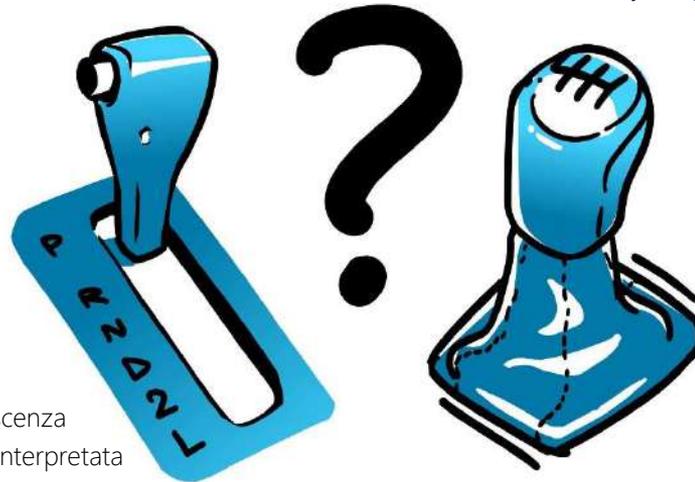
A seconda dell'esperienza e del livello di conoscenza dell'operatore, la stessa immagine può essere interpretata in modo diverso.

Inoltre, la registrazione e l'archiviazione automatizzate dei risultati e dei valori misurati di solito non sono possibili.

Manual X-ray systems, so-called MXIs (Manual X-ray Inspection), are different from the offline X-ray systems mentioned above. They do not offer the possibility of integration into a production line and they are only used to randomly inspect hidden solder joints. They offer a comparatively inexpensive entry into the world of X-ray and can be used for production start-ups and the analysis of prototypes. MXI systems are capable of producing high-resolution X-ray images with a high degree of detail. Similar to a microscope, the user manually inserts an assembly into the system and can generate the "ideal X-ray image" via the free movement of the X-ray image chain and the UUT.

The disadvantages of these systems are the manual loading and analysis. A one hundred percent inspection of all manufactured assemblies is usually not possible for reasons of cycle time. Also, an always identical evaluation of the images is not given due to the human factor. Depending on the operator's experience and level of knowledge, the same image can be interpreted differently.

In addition, automated logging and archiving of the results and measured values is usually not possible.



È qui che entrano in gioco i sistemi a raggi X automatizzati, i cosiddetti AXI (Automated X-ray Inspection). Con una risoluzione leggermente inferiore e un livello di dettaglio inferiore nelle immagini a raggi X, i sistemi AXI consentono il caricamento, l'ispezione, la valutazione e la registrazione dei risultati completamente automatici degli assemblaggi. A seconda dei requisiti, vengono solitamente utilizzate due strategie di ispezione di base. Da un lato, esiste la necessità di un'ispezione a raggi X dell'intera superficie di tutti i componenti e dei giunti di saldatura, sia dei giunti di saldatura nascosti che visibili, ad esempio sui componenti SMD come i SO-IC. In altri casi, solo i giunti di saldatura nascosti e selezionati devono essere ispezionati con i raggi X, poiché un sistema AOI, ad esempio, ispeziona i giunti di saldatura rimanenti. Similmente a un sistema AOI, i sistemi AXI funzionano con un programma di ispezione precedentemente parametrizzato per ispezionare i rispettivi giunti di saldatura con algoritmi di elaborazione delle immagini.



This is where automated X-ray systems, so-called AXI (Automated X-ray Inspection), come into their own. With a slightly lower resolution and lower level of detail in the X-ray images, AXI systems enable fully automatic loading, inspection, evaluation and result logging of the assemblies. Depending on the requirements, two basic inspection strategies are usually used. On the one hand, there is a need for full-surface X-ray inspection of all components and solder joints, both hidden and visible solder joints, for example on SMD components such as SO-ICs. In other cases, only selected, hidden solder joints need to be inspected with X-ray, as an AOI system, for example, inspects the remaining solder joints. Similar to an AOI system, AXI systems work with a previously parameterised inspection programme to inspect the respective solder joints with image processing algorithms.

# Agenda



Technology



Manual and automatic X-ray inspection

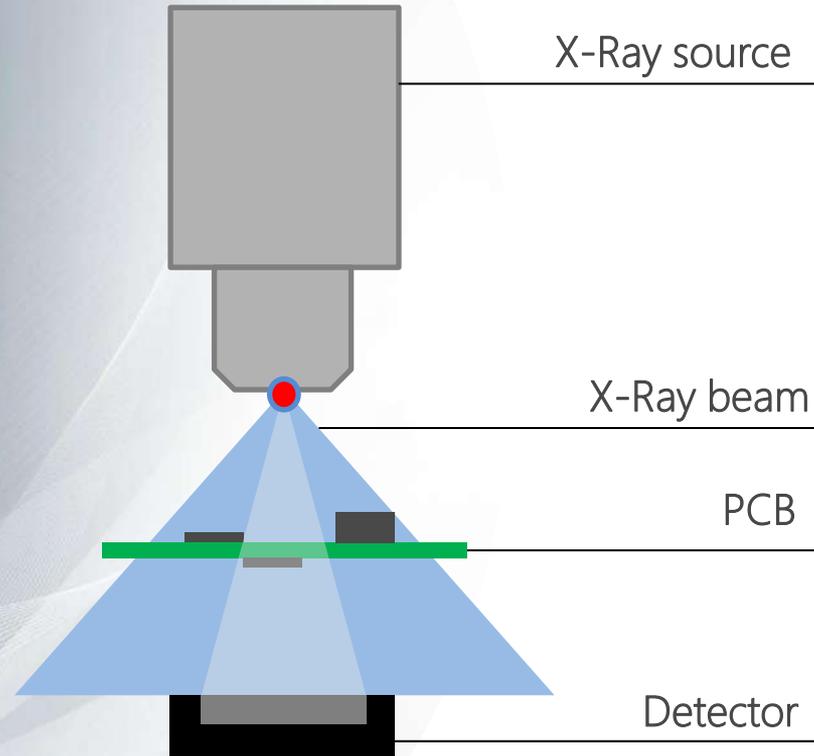


2D, 2.5D, 3D X-Ray



Basic system design

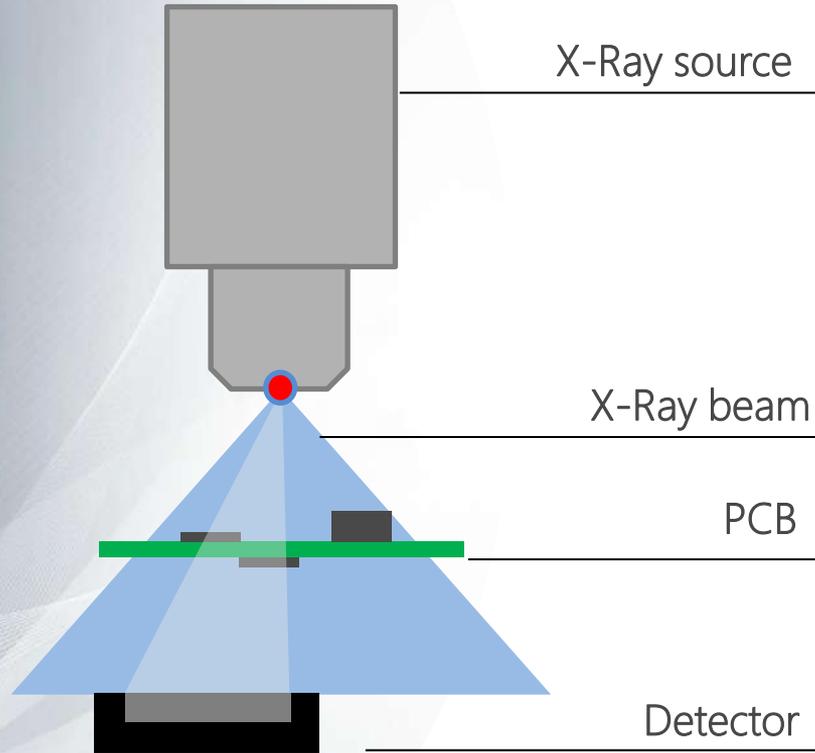
## Vertical radiography



La radiografia verticale di un UUT è nota come raggi X 2D. I moderni assemblaggi elettronici, tuttavia, sono spesso caratterizzati dall'assemblaggio su due lati del circuito stampato. Nell'immagine a raggi X, la loro reciproca sovrapposizione così come la sovrapposizione con vias, fili di collegamento e piste conduttrici può rendere l'ispezione difficile o addirittura impossibile.

The vertical radiography of a UUT is known as 2D X-ray. Modern electronic assemblies, however, are often characterised by double-sided assembly of the printed circuit board. In the X-ray image, their mutual overlapping as well as the overlapping with vias, bonding wires and conductor tracks can make inspection difficult or even impossible.

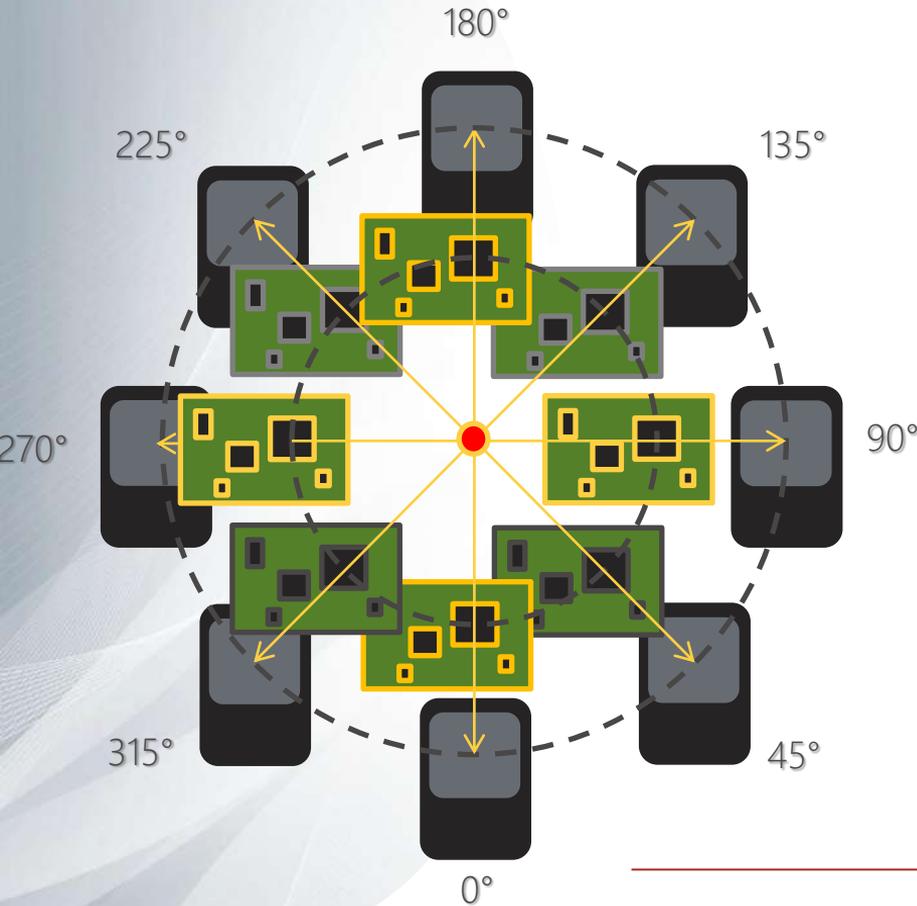
## Oblique radiography



Se si ottiene una vista obliqua attraverso il PCB, questa viene chiamata radiografia 2.5D o proiezione obliqua. La vista obliqua aiuta, ad esempio, a valutare la penetrazione dello stagno nei giunti di saldatura THT o a controllare il collegamento delle sfere BGA. Anche con la tecnologia 2.5D esistono limitazioni con i PCB assemblati su entrambi i lati.

If an oblique view is taken through the PCB, this is called 2.5D X-ray or oblique projection. The oblique view helps, for example, to assess the tin penetration at THT solder joints or to check the connection of BGA balls. Even with 2.5D technology, there are limitations with PCBs assembled on both sides.

*Bird's eye view*



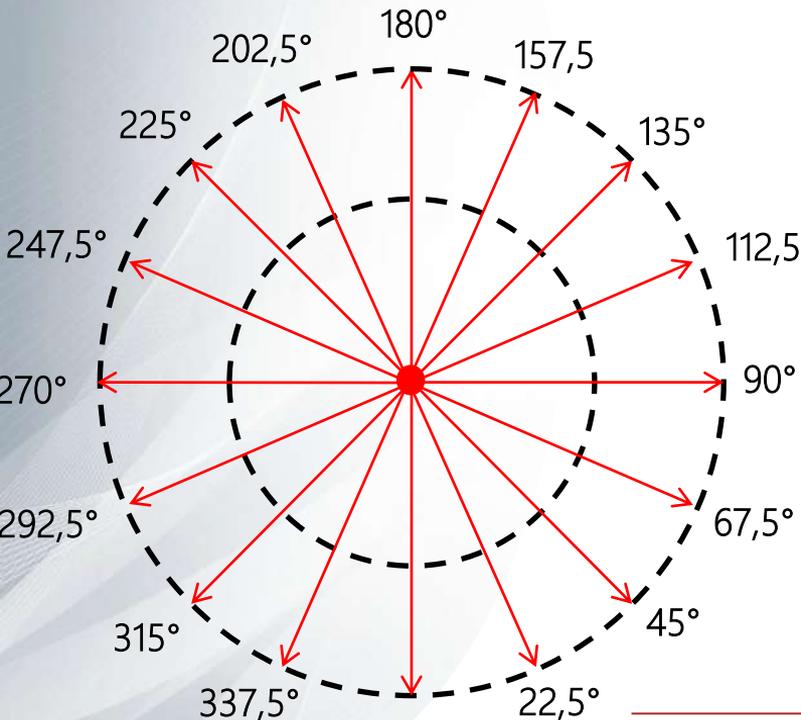
## N-times oblique radiography

Tuttavia, le dichiarazioni di qualità più affidabili possono essere fatte con la tecnologia 3D. Ciò consente la visualizzazione di micrografie digitali. Analogamente alla procedura medica TC, è possibile eseguire una ricostruzione 3D. Sono possibili, ad esempio sezioni orizzontali e verticali dell'insieme e dei relativi giunti di saldatura. Le immagini radiografiche 3D sono sempre immagini generate sinteticamente e vengono create da un gran numero di immagini 2.5D oblique.

Most reliable quality statements, however, can be made with 3D technology. This enables digital micrographs to be displayed. Similar to the medical CT procedure, a 3D reconstruction can be carried out. For example, horizontal and vertical sections through the assembly and its solder joints are possible. 3D X-ray images are always synthetically generated images and are created from a large number of oblique 2.5D images.

## N-times oblique radiography

### 16 Projections



Nei sistemi AXI con rilevatori di area digitali ("rilevatori a pannello piatto"), per il calcolo delle immagini 3D in modalità inline vengono solitamente utilizzate 8-16 immagini oblique di questo tipo. Per questo motivo i sistemi 3D AXI sono sempre più lenti dei tradizionali dispositivi 2D/2.5D che funzionano solo con un'acquisizione di immagini. Con i gruppi assemblati su entrambi i lati, l'acquisizione di immagini 3D è l'unico mezzo affidabile per ottenere un elevato grado di copertura dell'ispezione ottica. Con questa tecnologia, i giunti di saldatura sul lato superiore dell'assieme possono essere separati dai giunti di saldatura sul lato inferiore dell'assieme e ispezionati e valutati indipendentemente l'uno dall'altro.

In AXI systems with digital area detectors ("flat-panel detectors"), 8-16 such oblique images are usually used for 3D image calculation in inline mode. For this reason, 3D AXI systems are always slower than conventional 2D/2.5D devices that only work with one image acquisition. With assemblies assembled on both sides, 3D image acquisition is the only reliable means of obtaining a high degree of optical inspection coverage. With this technology, the solder joints on the top side of the assembly can be separated from the solder joints on the bottom side of the assembly and inspected and evaluated independently of each other.

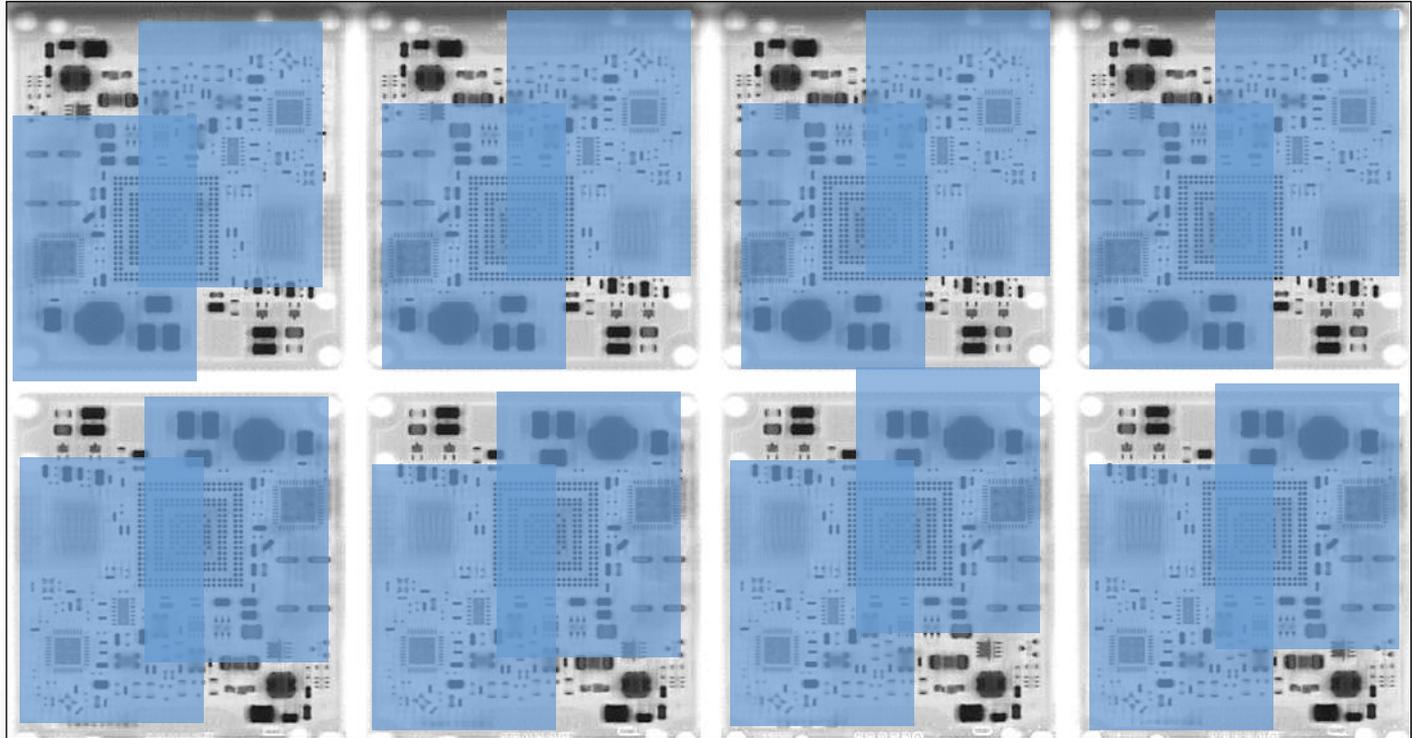
# Perché i sistemi di rilevamento a schermo piatto sono lenti nel 3D? Why are Flat Panel Detector Systems slow in 3D?

Uno sguardo più da vicino alla tecnologia...  
 A closer look into the technology...

211 mm

*Cycle time Flat Panel  
 stop-and-go  
 acquisition:*

$$\begin{aligned}
 &2 \text{ Field of view/PCB} \\
 &\times 4s/3D\text{-Image} \\
 &\times 8 \text{ PCBs} \\
 &= \\
 &64s \\
 &+ \\
 &5s \text{ PCB Handling} \\
 &= \\
 &69s
 \end{aligned}$$



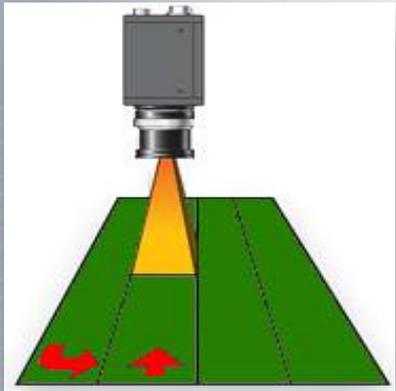
111 mm

6 Megapixel Flat Panel Detektor:

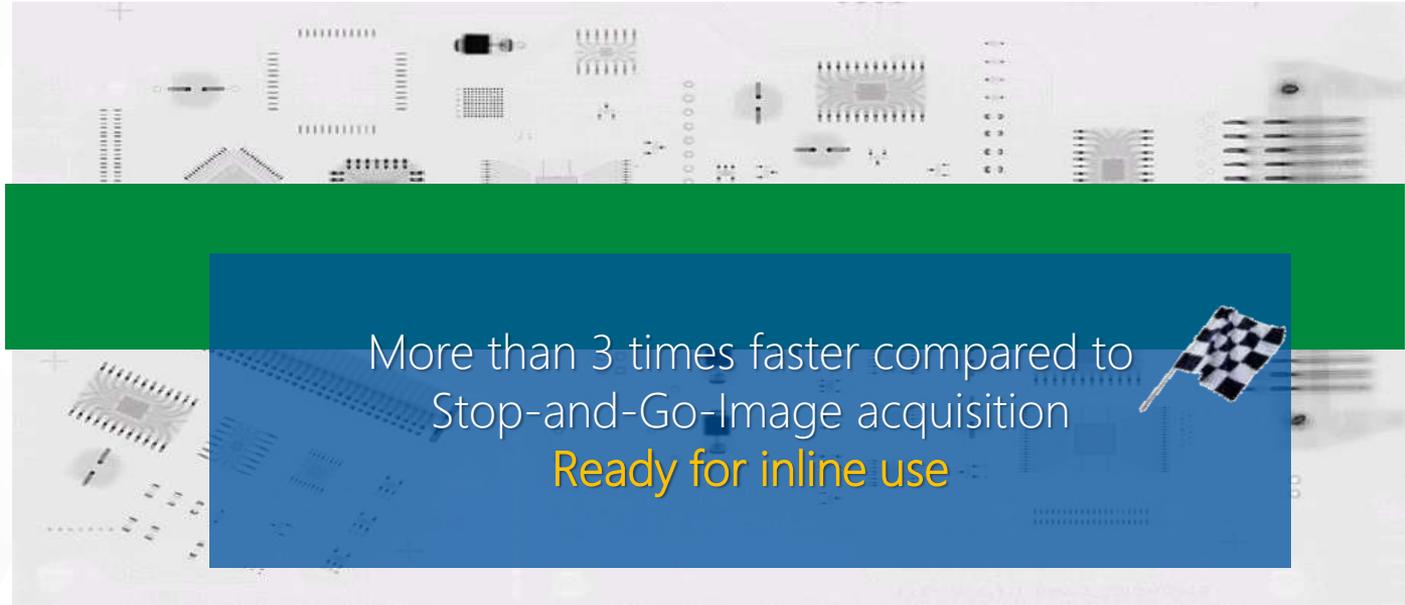
Example Resolution = 13,5µm, Field of view = 39,69mm x 31,10mm

# Perché i sistemi di rilevamento a schermo piatto sono lenti nel 3D? Why are Flat Panel Detector Systems slow in 3D?

Uno sguardo più da vicino alla tecnologia...  
A closer look into the technology...



Scanning  
Image  
Acquisition

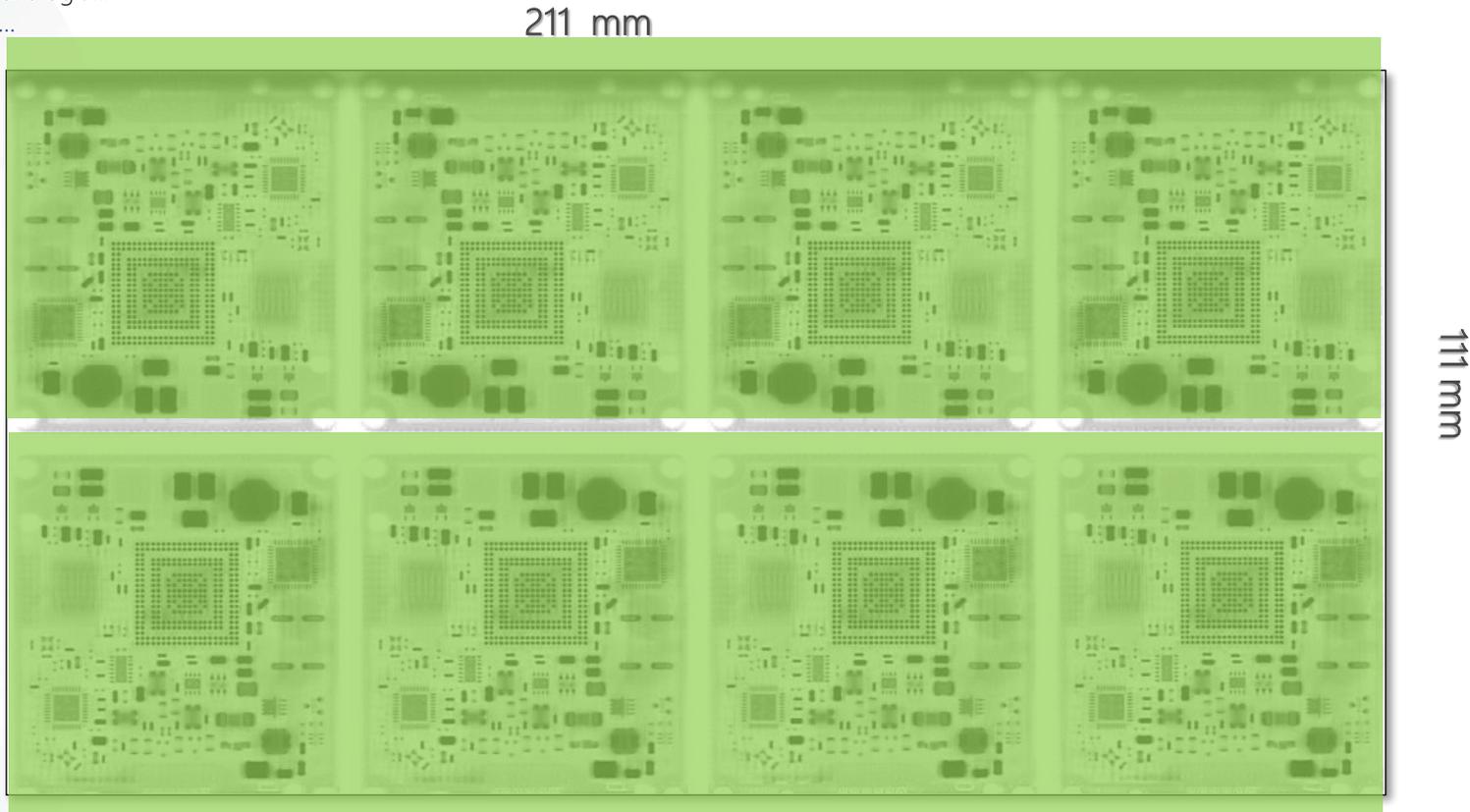


More than 3 times faster compared to  
Stop-and-Go-Image acquisition  
**Ready for inline use**

The background of this section is a grayscale image of a printed circuit board (PCB) with various components and traces. A solid blue rectangular overlay is placed over the lower portion of the image. On the right side of the blue overlay, there is a small icon of a checkered racing flag on a pole. The text is centered within the blue area.

# Perché i sistemi di rilevamento a schermo piatto sono lenti nel 3D? Why are Flat Panel Detector Systems slow in 3D?

Uno sguardo più da vicino alla tecnologia...  
 A closer look into the technology...



*Cycle time with  
 Scanning imagine  
 acquisition:*

$$\begin{aligned}
 &25\text{ s} \\
 &+ \\
 &5\text{ s PCB Handling} \\
 &= \\
 &30\text{ s}
 \end{aligned}$$

MultiAngle Detector3:

Example Resolution = 13,5µm, Width of scan stripe = 62,21 mm x length of scan stripe

# Agenda



Technology



Manual and automatic X-ray inspection



2D, 2.5D, 3D X-Ray



Basic system design

# Basic system design



- compatta, accessibile, di facile manutenzione
- Tubo a raggi X mobile in direzione Z - Ingrandimento geometrico regolabile
- PCB mobile nella direzione X/Y - Viene spostata solo la massa del circuito
- Rivelatore - Due opzioni: MultiAngle (scansione) o StingRay (Stop-and-go)
- Principio del modulo a tendina - Resistente ai raggi X durante l'ispezione, carico e scarico
- Tubo a raggi X "acceso" durante il cambio del PCB - Nessun tempo di accelerazione durante il test; punto stabile; durata di vita più lunga
- Trasporto e ispezione PCB paralleli - Tempo di gestione 5s

- compact, accessible, easy to maintain
- X-ray tube movable in Z-Direction . Geometrical magnification adjustable
- PCB movable in X/Y-Direction - Only mass of the circuit board is moved
- Detector - Two options: MultiAngle (scan) or StingRay (Stop-and-go)
- Shutter and Lifter module principle - X-ray safe during inspection, loading, unloading
- X-ray tube „on” during PCB change - No ramp up times during the test; stable spot; longer life time
- PCB transport and inspection parallel - Handling time 5s

# Basic system design

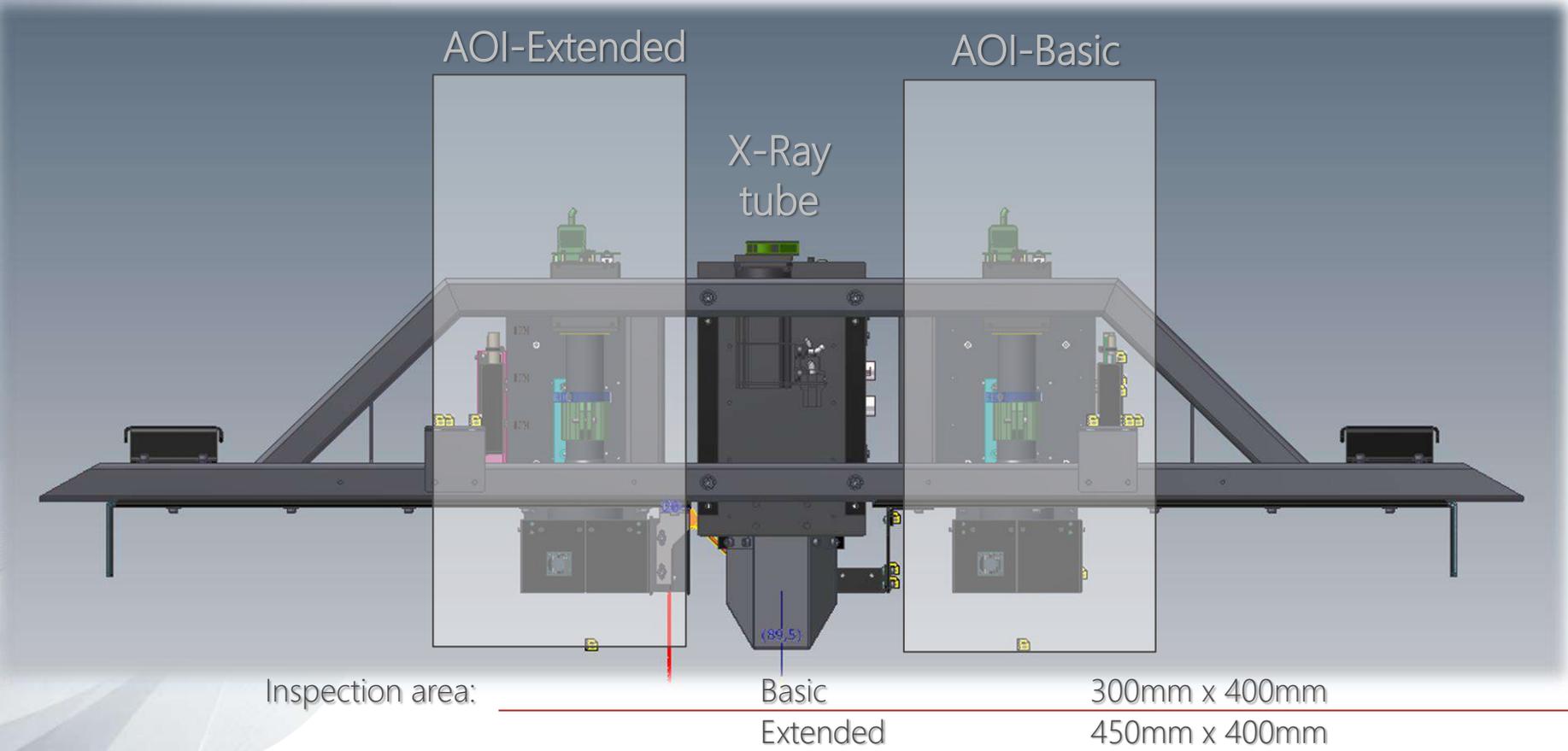
AOI-Option



FOV 42mm x42mm

Resolution 21µm/Pixel

Telecentric lens



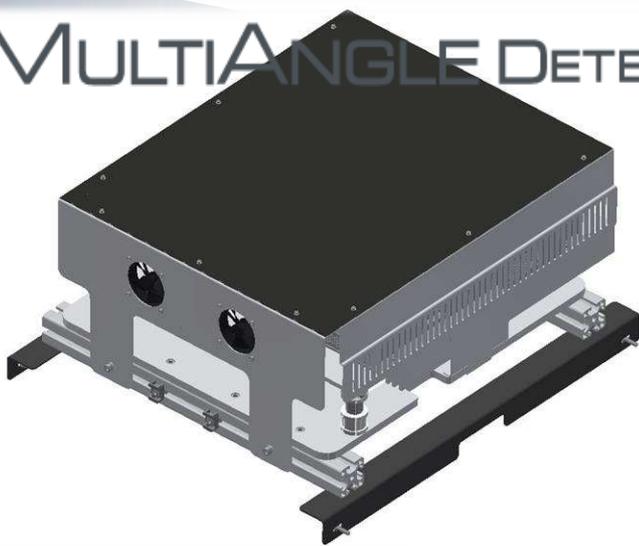
Inspection area:

Basic

300mm x 400mm

Extended

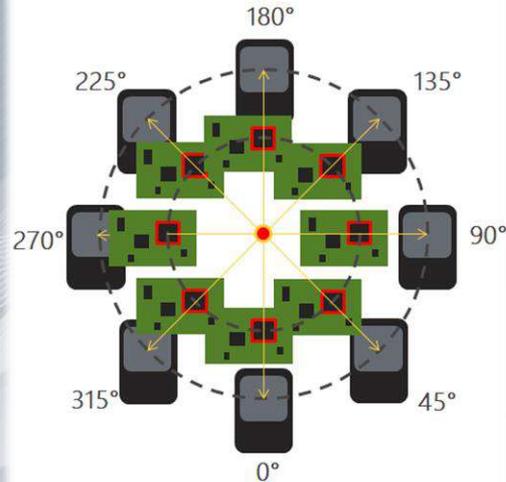
450mm x 400mm



- Telecamere multiple per linee di scansione a raggi X
- Consente l'acquisizione di immagini in scansione in 2D e 3D
- Alta qualità dell'immagine regolabile
- Perfetta separazione dei lati di assemblaggio (slicing)
- Tempo di acquisizione delle immagini imbattibile

- Multiple X-Ray scan line cameras
- Allows scanning image acquisition in 2D and 3D
- High adjustable image quality
- Perfect assembly side separation (slicing)
- Unbeatable image acquisition time

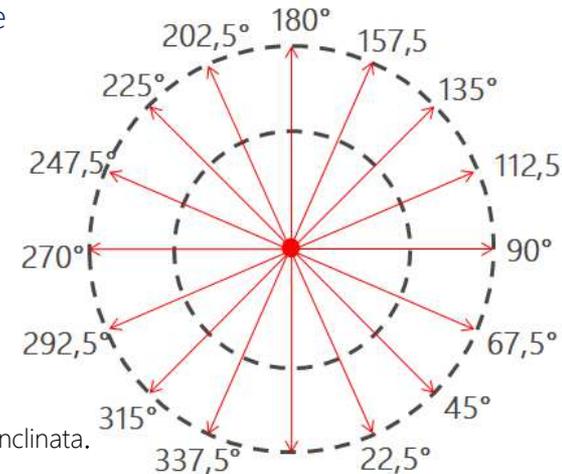
8 Projections



Tempo tipico per un'immagine 3D 3-5 secondi.  
Typical time for a 3D image 3-5s.

Per creare un'immagine 3D sono necessarie almeno 8 immagini con vista inclinata.  
At least 8 tilt view pictures are needed to create a 3D image."

16 Projections



- I sistemi AOI 2D/3D sono adatti per ispezionare il lato saldato di un giunto saldato THT
  - Il controllo della penetrazione della saldatura è possibile solo con l'ispezione a raggi X
  - Ispezione della penetrazione della saldatura non possibile con i raggi X 2D ("vista dall'alto")
  - Ispezione della penetrazione della saldatura è possibile con raggi X 2.5D con restrizioni (prospettiva, nessun test standardizzato applicabile, diverse prospettive necessarie, elevato sforzo per lo sviluppo di programmi di test)
  - Ispezione dei giunti di saldatura THT con il 3D con sforzo minimo nella creazione di programmi di test, e librerie standard
  
  - 2D/3D AOI systems are suitable to inspect the solder side of a THT solder joint
  - Control of solder penetration only possible with X-Ray inspection
  - Inspection of solder penetration not possible with 2D X-Ray ("view from above")
  - Inspection of solder penetration possible with 2.5D X-Ray with restrictions (perspective, no standardized testing applicable, several perspectives necessary, high effort for development of test programs)
  - 3D inspection of THT solder joints with of standardized layer patterns, uniform component library, less effort in creating test programs
-

Il tuo bicchiere è pieno?  
Is your glass full?

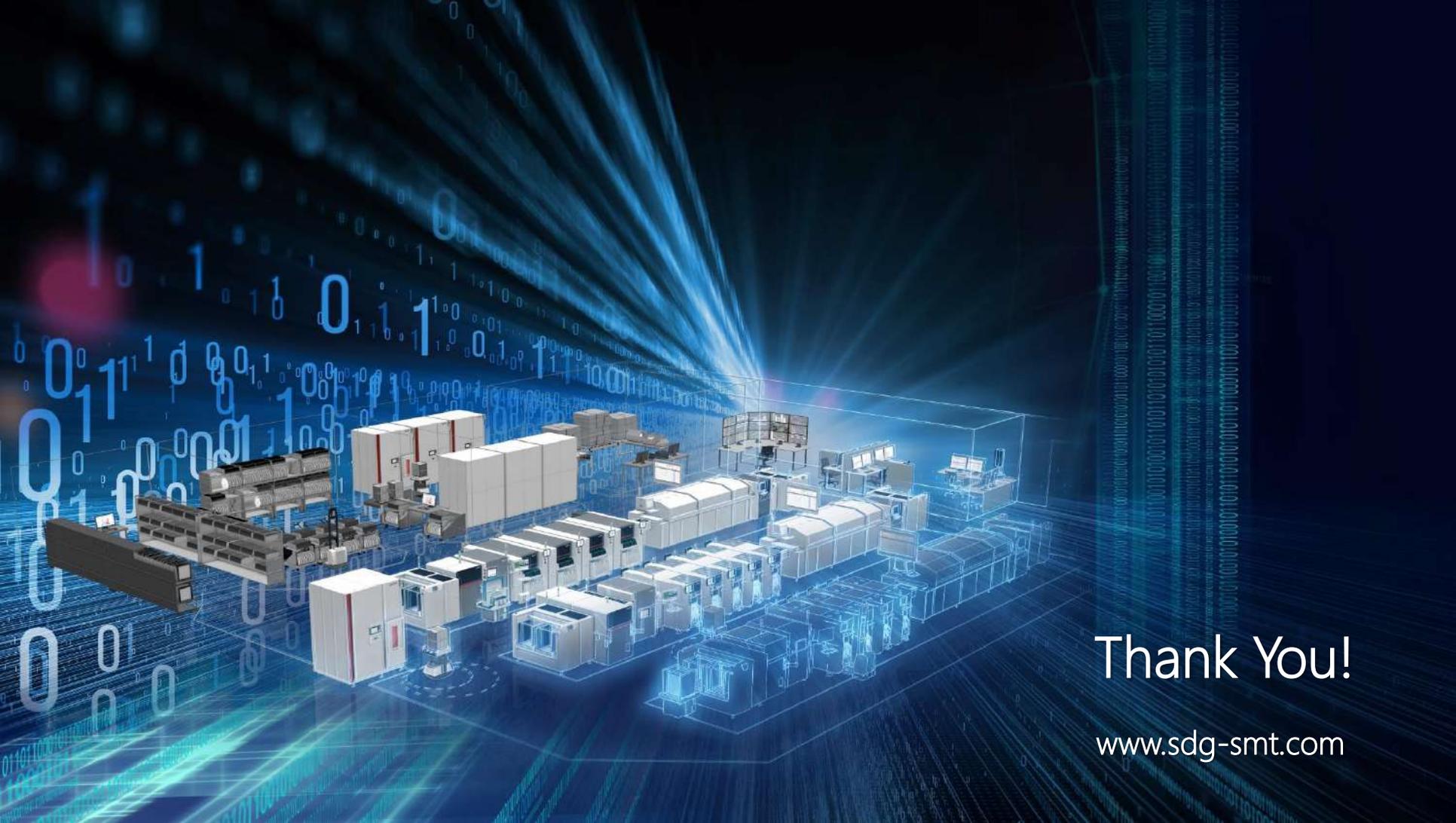
GÖPEL X-Line 3D controlla la penetrazione della saldatura nel ritmo della linea...

GÖPEL X-Line 3D inspects solder penetration in line pace...

**PASS**



**FAIL**



Thank You!

[www.sdg-smt.com](http://www.sdg-smt.com)