



JAKOŚĆ

BEZ KOMPROMISÓW

Rola EMS w budowaniu niezawodnych produktów elektronicznych

Marek Lendor, Dyrektor Produkcji w Nordex



Hardware Design Masterclasses #6

7-8 maja 2026 · Katowice

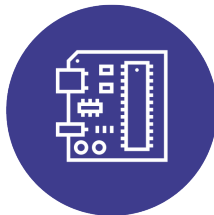
Wprowadzenie

Kim jesteśmy

Zakup
komponentów



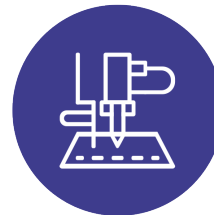
PCB



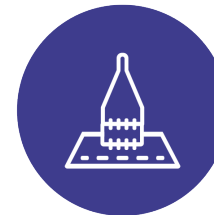
Przygotowanie
produkcji



Montaż
SMT



Montaż
THT



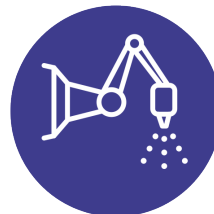
Kontrola AOI



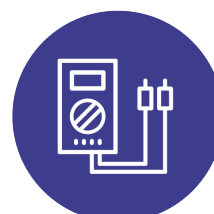
Mycie



Powłoki
ochronne



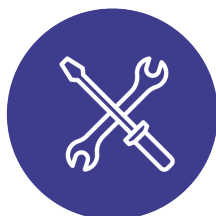
Programowanie
i testowanie



Rozwiązania konstrukcyjne
i projektowe



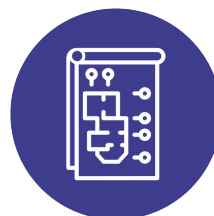
Montaż
końcowy



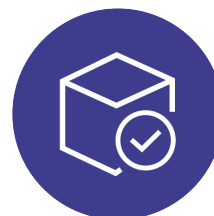
Logistyka



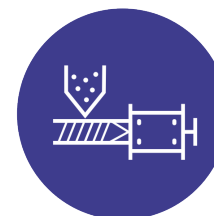
Analiza DFM



Box Building



Formowanie wtryskowe
tworzyw sztucznych



Jak to robimy w Nordes

Trzy filary jakości w produkcji elektronicznej

01



Projekt DFM/DFA

Świadome decyzje projektowe minimalizujące koszty produkcji, skracające czas realizacji i poprawiające jakość – wsparcie działu R&D.

02



Łańcuch dostaw

Zarządzanie ryzykiem na każdym etapie: zaufani dostawcy, kontrola opakowań, testy elektryczne, inspekcja rentgenowska.

03



Pracownik produkcji

Świadomość jakościowa, proaktywna postawa, zgłaszanie niezgodności, ciągłe doskonalenie (Kaizen) i dbałość o środowisko.

FILAR 01

Design for Manufacturing & Design for Assembly

Optymalizacja produktu pod kątem łatwości i efektywności wytwarzania. Projekt zrobiony dobrze za pierwszym razem to mniejsze koszty, krótszy czas realizacji i lepsza jakość.

YOUR IDEAS, OUR SOLUTIONS



Techniki DFM

Pięć fundamentalnych zasad projektowania pod produkcję

1



Komponenty standardowe

Używanie standardowych i łatwo dostępnych komponentów ogranicza czas dostaw i koszt.

2



Minimalizacja liczby części

Im mniej elementów, tym mniej punktów awarii i niższy koszt montażu.

3



Zautomatyzowany montaż

Projekt przyjazny linii SMT – bez ręcznego dotykania tam, gdzie nie trzeba.

4



Optymalne rozmieszczenie

Świadome ułożenie komponentów ogranicza efekty cieplne i mechaniczne.

5



Dokumentacja produkcyjna

Dane uwzględniające realia procesu – od BOM po rysunki montażowe.

Przelotki na padach

Częsty błąd projektowy – i jego konsekwencje

1

Nieodpowiednia ilość spoiwa

na komponente po stopieniu

2

Utrudniona kontrola AOI

wydłużony czas inspekcji optycznej

3

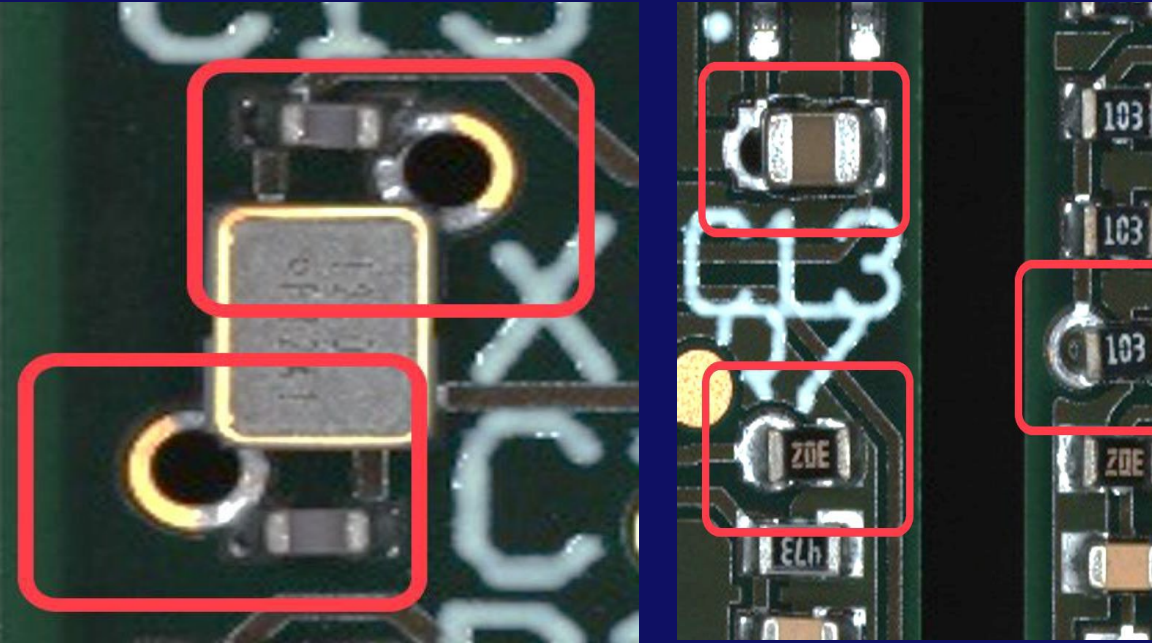
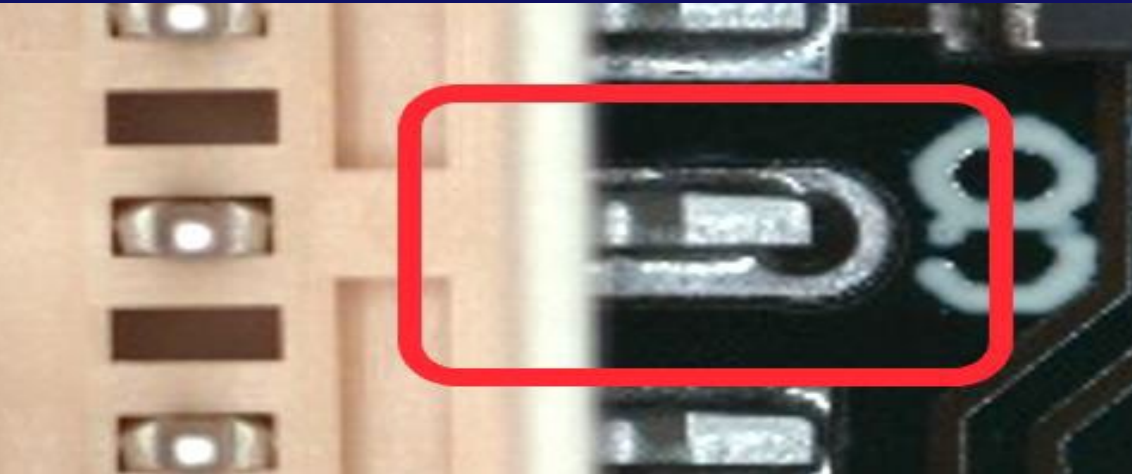
Skrócona żywotność połączenia

naprężenia mechaniczne i termiczne

4

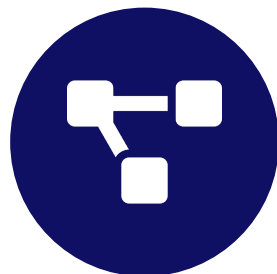
Skrócona żywotność modułu

lawinowy wpływ na cały produkt



Rozwiązania – przelotki w padach

Trzy sprawdzone metody projektowe



Fan-out BGA typu dog-bone

Przelotki przesunięte poza pad lutowniczy – klasyczne rozwiązanie dla układów BGA o małym rastrze.



Przelotki z żywicą

Otwór wypełniony żywicą i zaślepiony – pad zachowuje pełną powierzchnię lutowniczą.



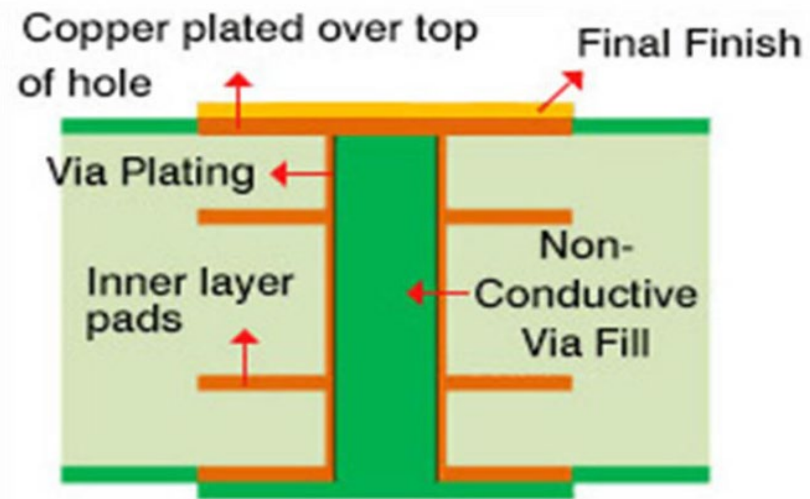
Przelotki zagrzebane

Vias ukryte między warstwami wewnętrznymi – nie wpływają na padding na zewnętrznych warstwach.

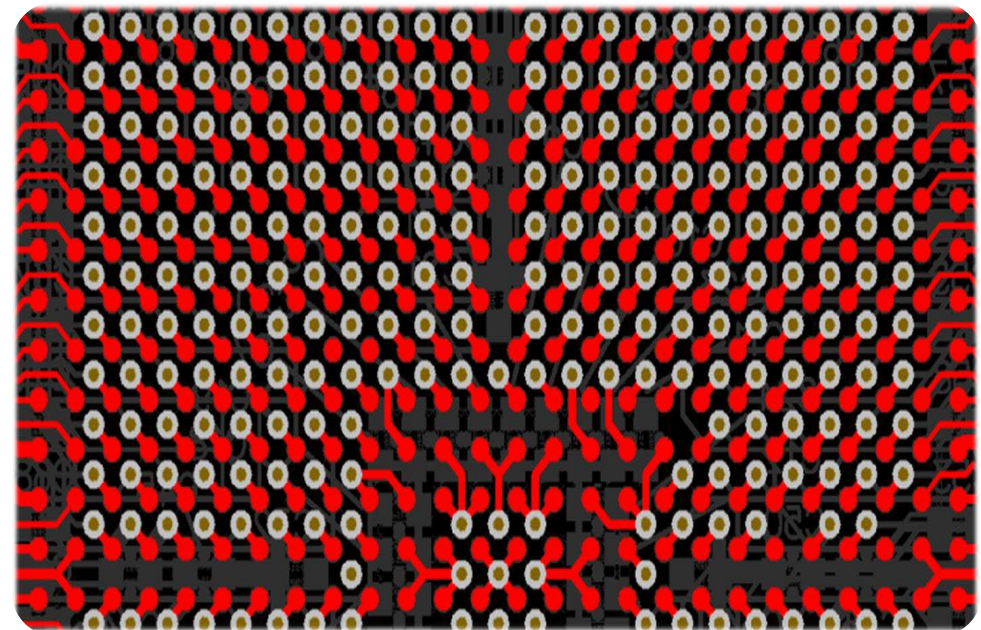
Rozwiązania – przelotki w padach

Trzy sprawdzone metody projektowe

Mechanizm: Via in Pad

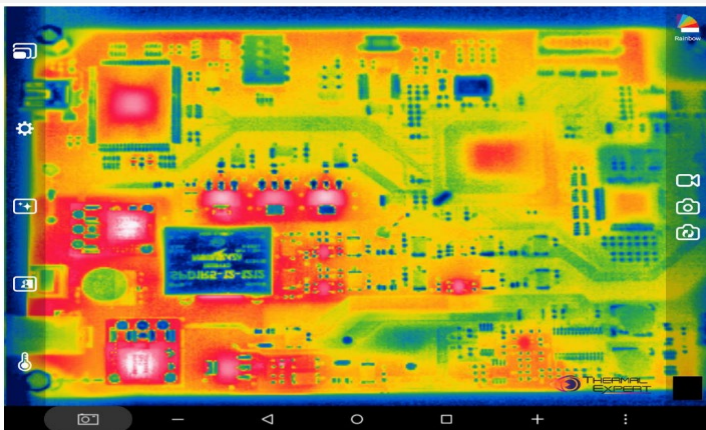


Via In Pad
(Active Pad)



Unifikacja pojemności cieplnej

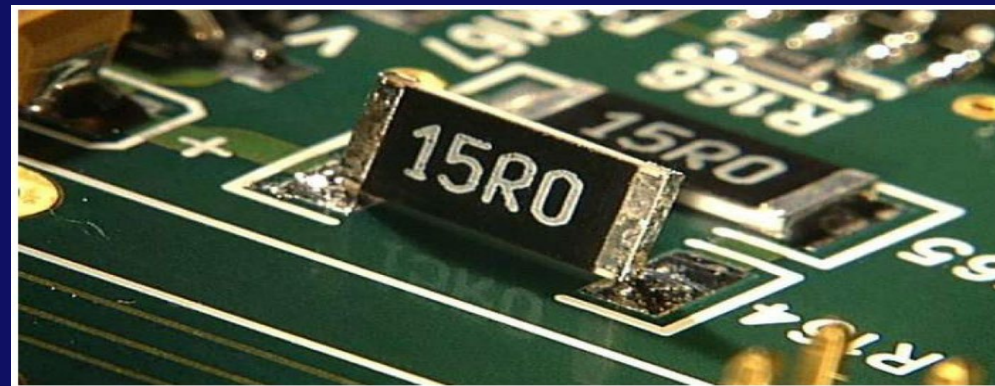
Efekt nagrobkowania (tombstoning) – i jak go uniknąć



Obraz termiczny PCB – gorące punkty (czerwone) i zimne (niebieskie) pokazują, jak nierównomiernie pady oddają ciepło.

Czym jest nagrobkowanie?

Uniesienie jednej końcówki małego elementu dwuwyprowadzeniowego, gdy druga jest już przylutowana – element stoi pionowo jak nagrobek. Przyczyna: asymetryczna pojemność cieplna padów.



Element ułożony prostopadłe do obszarów o różnej pojemności cieplnej – efekt nagrobkowania widoczny gołym okiem.

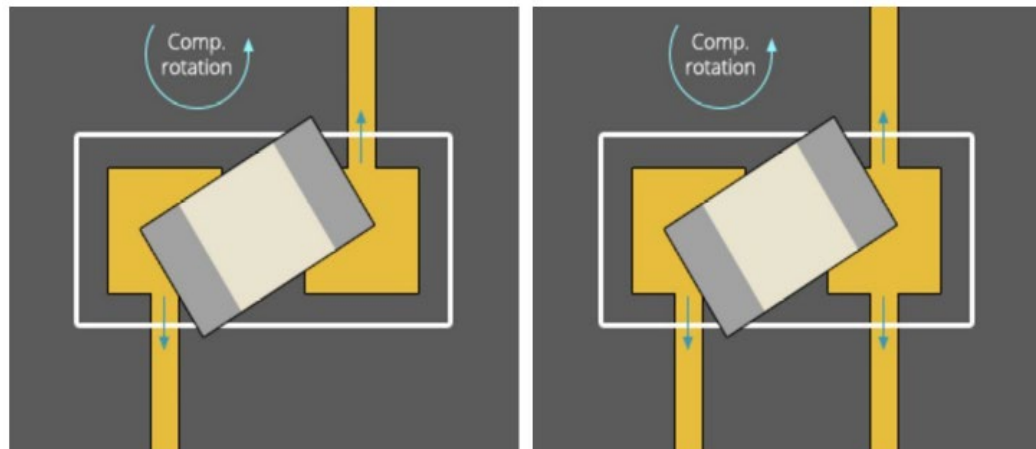
Zalecenie projektowe

Ustawiaj małe elementy dwuwyprowadzeniowe równoległe do obszarów o różnej pojemności cieplnej – symetryczne stygnięcie eliminuje problem.

Symetria doprowadzenia ścieżek

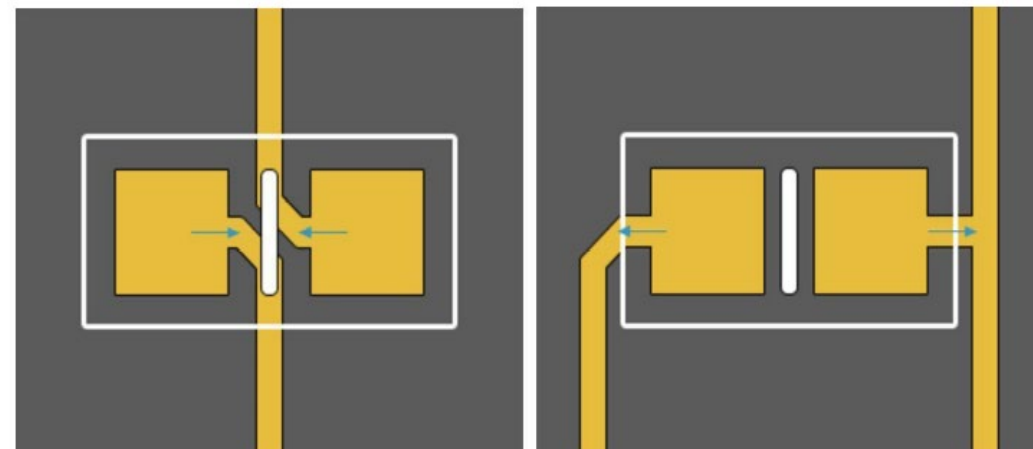
Mała różnica w trasowaniu, duża różnica w jakości lutowania

× Asymetryczne doprowadzenia



Cienka ścieżka po jednej stronie, duża powierzchnia miedzi po drugiej – różny odpływ ciepła i ryzyko nagrobkowania.

✓ Symetryczne doprowadzenia



Identyczna geometria ścieżek po obu stronach komponentu – symetryczne stygnięcie i zerowy efekt nagrobkowania.

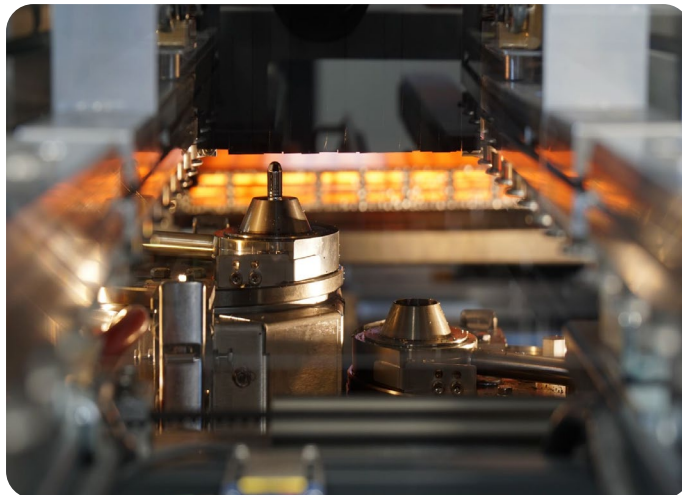
Dostosowanie pod proces THT/SMT

Sześć kluczowych zasad dla bezbłędnego montażu mieszanego

1

Uporządkowane THT

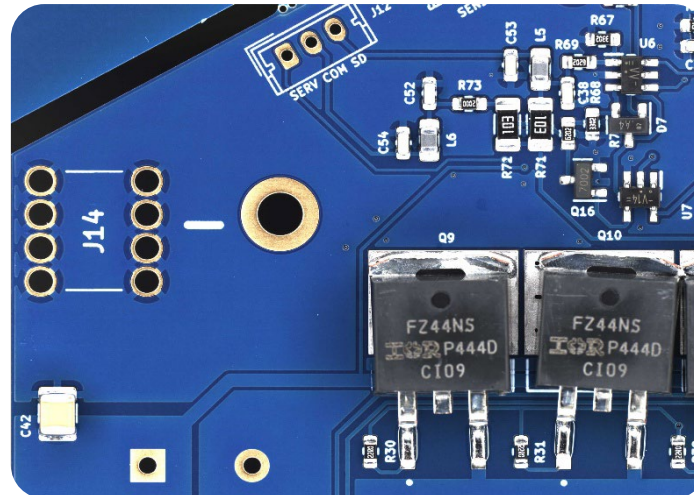
Rozmieszczenie elementów THT w sposób uporządkowany – wsparcie dla automatów i rąk operatorów.



2

Większe odstęp

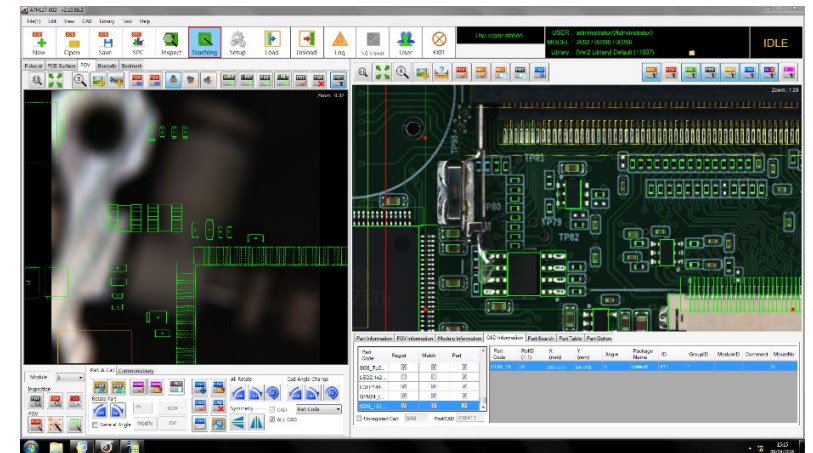
Większe odstęp między elementami ułatwiają inspekcję, naprawę i obniżają ryzyko mostków.



3

Pady SMD pod proces

Dostosowanie wielkości padów SMD do techniki montażu – pasta lutownicza vs. lutowanie selektywne.



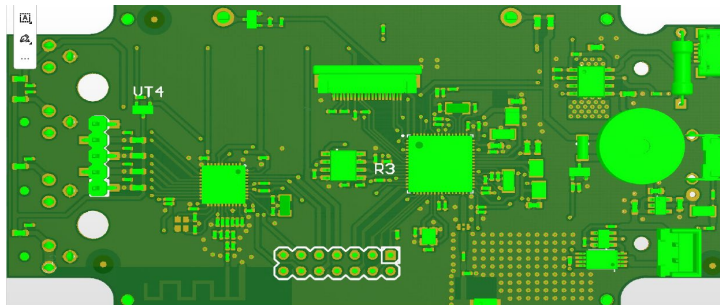
Dostosowanie pod proces THT/SMT

Sześć kluczowych zasad dla bezbłędnego montażu mieszanego

4

Jednostronny SMT

Płytki z jednostronnym montażem SMT, gdy to możliwe – prostszy proces, mniej ryzyk.



5

Unikaj cieni (shadowing)

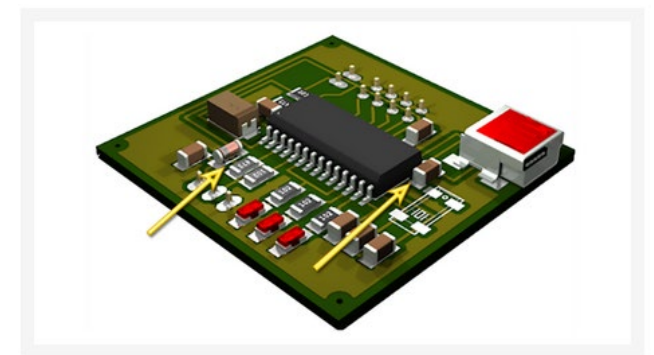
Wysokie elementy obok niskich tworzą cienie podczas lutowania – układ uwzględnia kierunek.



6

Otwory montażowe

Dobór odpowiednich wielkości otworów montażowych pod elementy THT i tolerancje produkcji.



FILAR 02

Zarządzanie ryzykiem

w łańcuchu dostaw

Każdy zafałszowany lub uszkodzony komponent w BOM wielokrotnie koszty wykrycia w dalszych etapach. Kontrola na wejściu jest najtańszą formą zapewnienia jakości.

YOUR IDEAS, OUR SOLUTIONS



Zaufani dostawcy

Pierwsza linia obrony przed komponentami z wątpliwego źródła

99%

autoryzowanych dostawców

w łańcuchu dostaw Nordes



Transparentność

Pełna identyfikowalność komponentu – kto, kiedy, skąd.



Im mniej, tym lepiej

Świadoma konsolidacja BOM-u ogranicza powierzchnię ryzyka.



Kontrola = zaufanie

Kontrola jest najlepszą formą zaufania – 100% AQL przy nowych dostawcach.



Pozyskuj od zaufanych źródeł

Dystrybutorzy autoryzowani przez producenta – nigdy szare rynki.

Weryfikacja komponentu na wejściu

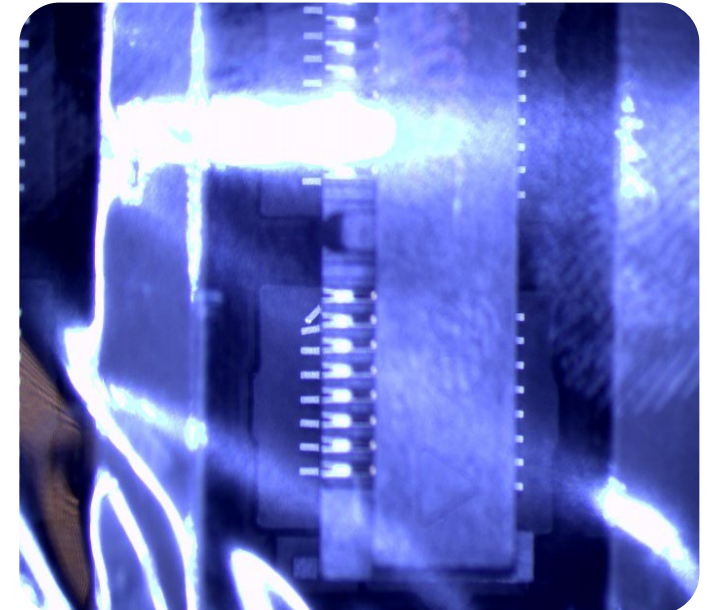
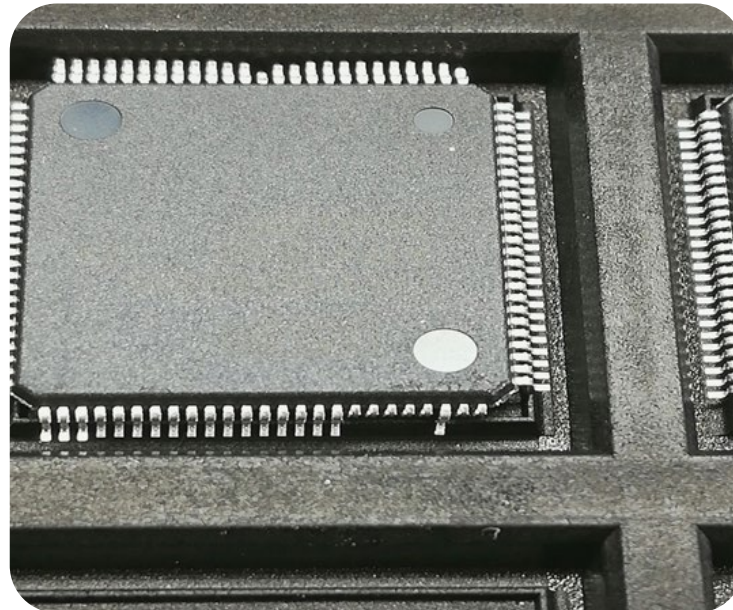
Trzy warstwy kontroli – niezależne, uzupełniające się

01



Kontrola opakowań

Sprawdzaj opakowania, aby potwierdzić autentyczność – etykiety, oznaczenia daty, integralność folii antystatycznej.



Weryfikacja komponentu na wejściu

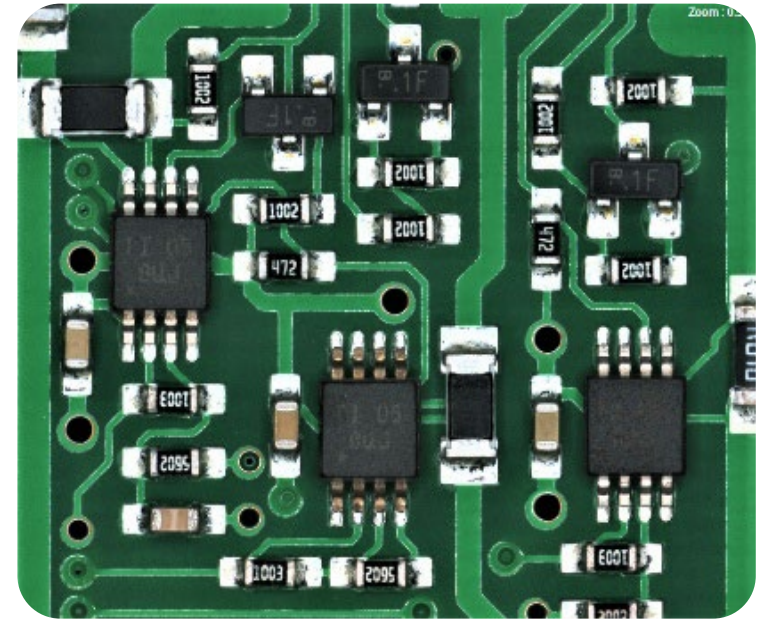
Trzy warstwy kontroli – niezależne, uzupełniające się

02



Testy elektryczne

Przeprowadź testy elektryczne i funkcjonalne – pomiar parametrów na losowych próbkach, weryfikacja zgodności z datasheet.



Weryfikacja komponentu na wejściu

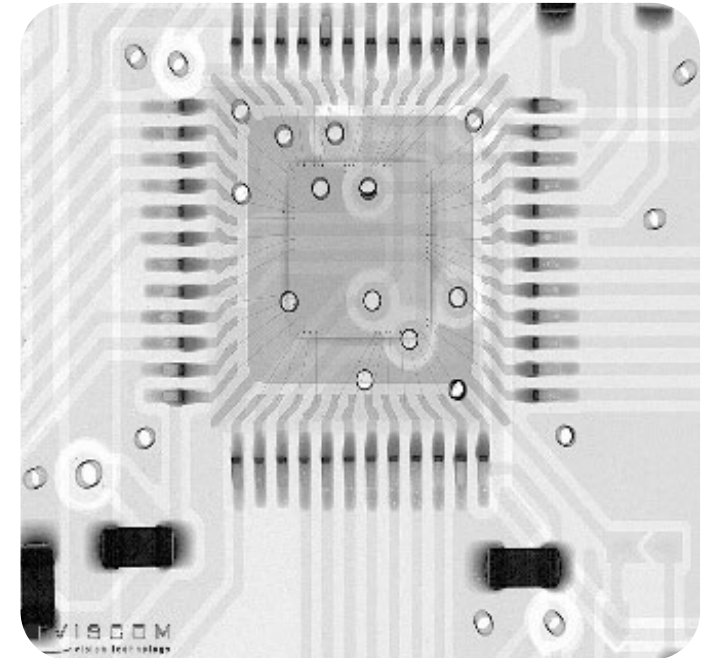
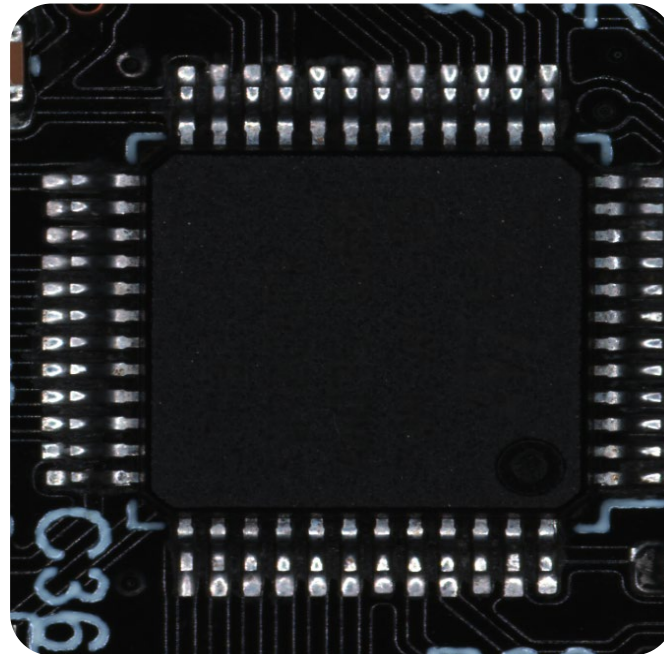
Trzy warstwy kontroli – niezależne, uzupełniające się

03



Inspekcja rentgenowska

Przeprowadź inspekcję rentgenowską – wykrywanie podróbek, weryfikacja struktury wewnętrznej i połączeń wirebonding.



FILAR 03

Pracownik produkcji

rola w budowaniu jakości

Najlepszy projekt i najlepsi dostawcy nie zastąpią uważnego operatora przy linii. Jakość to codzienna decyzja każdego pracownika.

YOUR IDEAS, OUR SOLUTIONS

Pracownik produkcji

rola w budowaniu jakości

Kluczowe aspekty roli pracownika w budowaniu jakości w firmach Nordes

YOUR IDEAS, OUR SOLUTIONS



- Świadomość jakościowa i odpowiedzialność
- Proaktywna postawa i zgłaszanie niezgodności
- Przestrzeganie procedur i standardów
- Ciągłe doskonalenie (Kaizen)
- Dbłość o środowisko pracy

Podsumowanie

Trzy filary, jeden cel – niezawodny moduł elektroniczny

Jakość nie jest etapem – jest postawą zespołu na każdym etapie.

Od dobrego projektu, przez właściwych dostawców, po świadomego pracownika – każde ogniwo łańcucha musi być równie mocne.



DFM/DFA

Projekt świadomy realiów produkcji – minimum komponentów, maksimum stabilności.



Łańcuch dostaw

99% autoryzowanych źródeł + trzy warstwy kontroli na wejściu.



Zespół

Kaizen, IPC, ESD i proaktywne zgłaszanie niezgodności w codziennej pracy.



DZIĘKUJĘ

za uwagę

*Rola EMS w budowaniu niezawodnych
produktów elektronicznych*

Marek Lendor, Dyrektor Produkcji w Nordes

Nordes Sp. z o.o.

ul. Ziemniaczana 15
52-127 Wrocław

office@nordesems.com
tel.: +48 71 301 0800