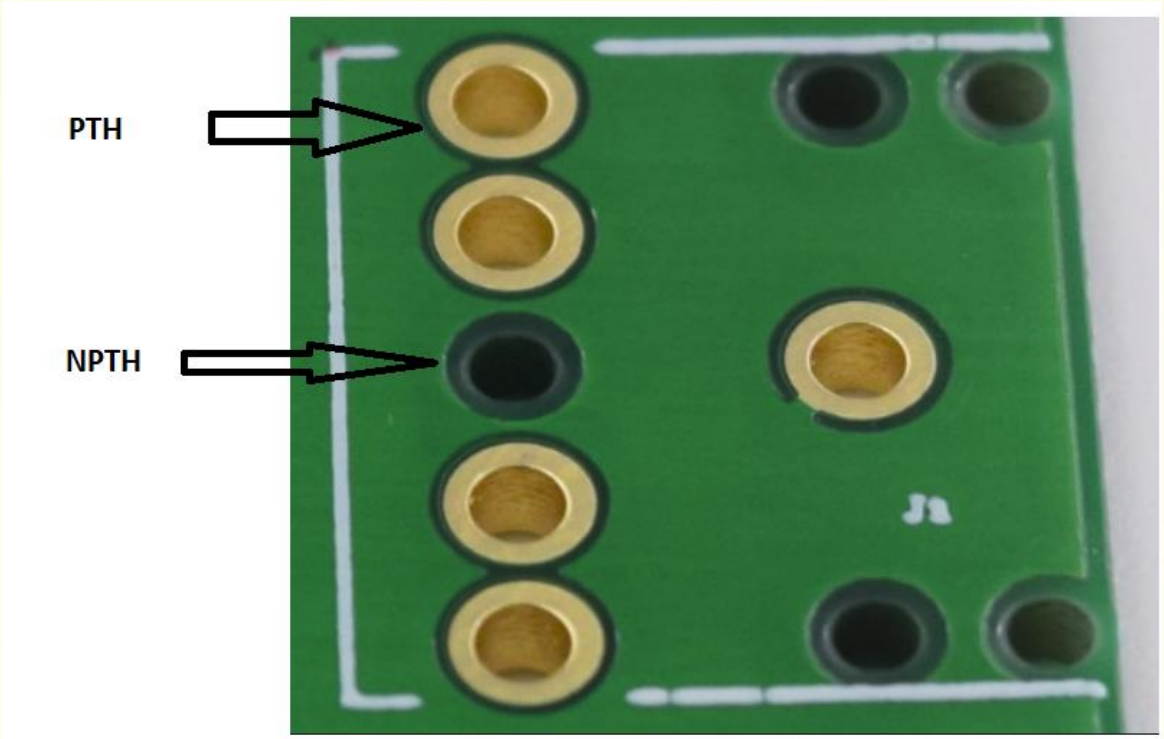
PROJEKTOWANIE OBWODÓW DRUKOWANYCH

W4 – Produkcja i parametry obwodów drukowanych

Data 14.03.2023

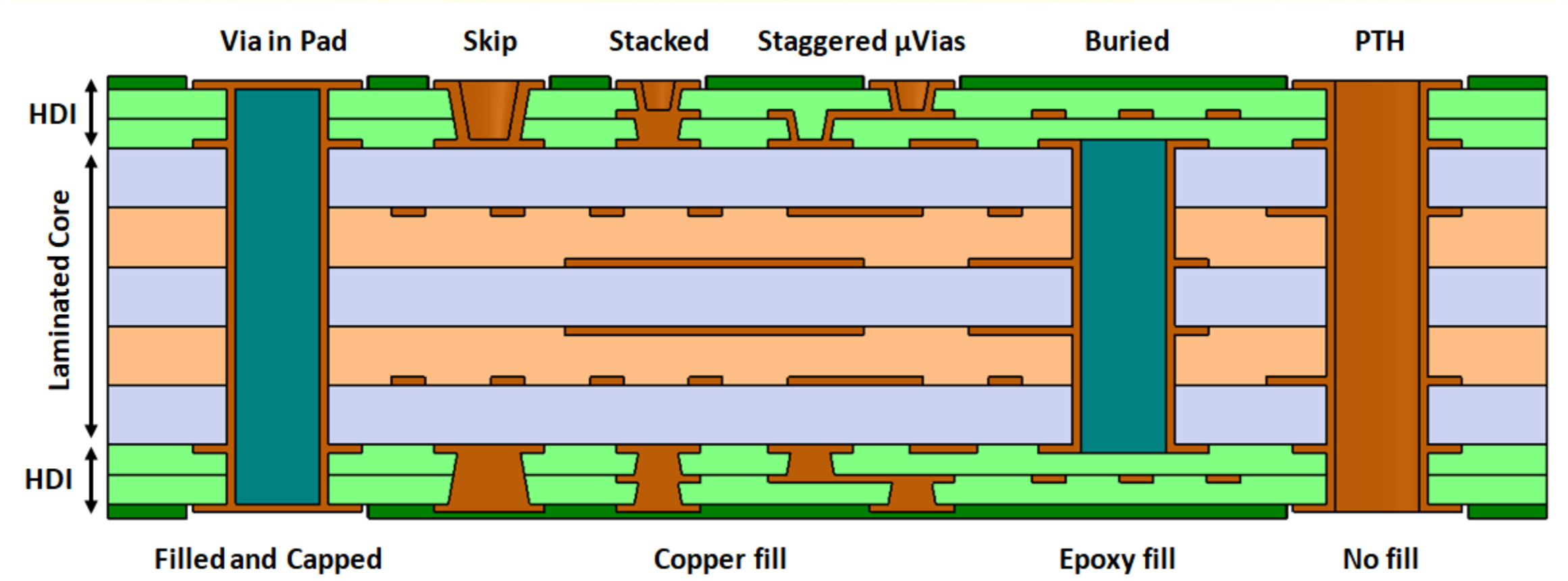
PTH vs NPTH



PTH (Plated-Through-Holes) - Otwory metalizowane, przeznaczone do lutowania komponentów, przewodów, etc. Zapewniają połączenie elektryczne pomiędzy warstwami
NPTH (Non-Plated-Through-Holes) – Otwory niemetalizowane, przeznaczone głównie do połączeń mechanicznych płytki z obudową.

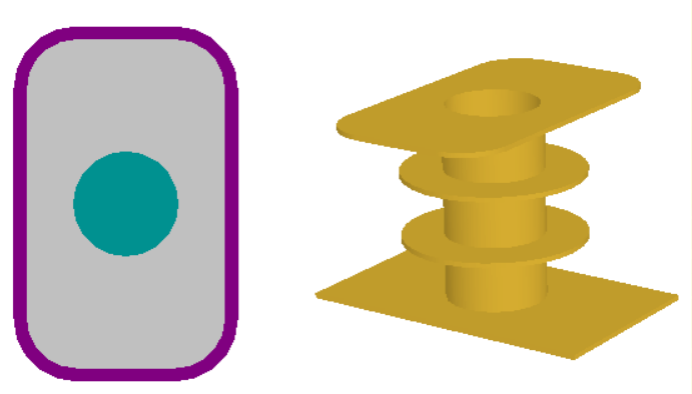
Via

Otwory metalizowane, które stosowane są w celu zapewnienia elektrycznego połączenia pomiędzy warstwami mozaik obwodu



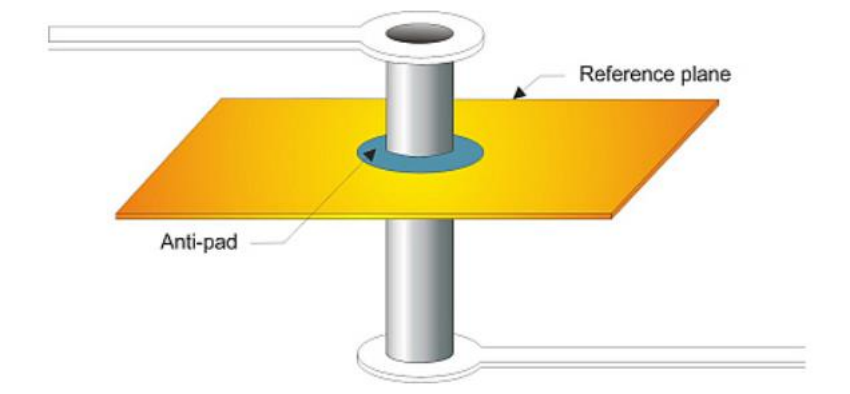
PTH vs Przelotka

Pad THT



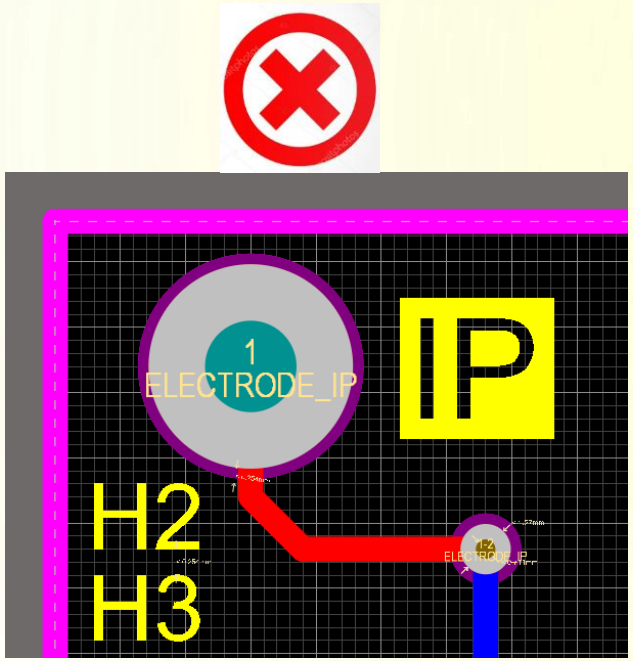
- Przeznaczony do procesu lutowania;
- Zazwyczaj jest większy niż przelotki;
- Pady na warstwach wewnętrznych i zewnętrznych mogą mieć różne kształty – inne niż okrąg
- Przechodzą przez cała płytkę tzn. zaczynają się na warstwie TOP a kończą na BOT – nie zależnie od liczby warstw
- Zapewnia połączenia elektryczne i mechaniczne

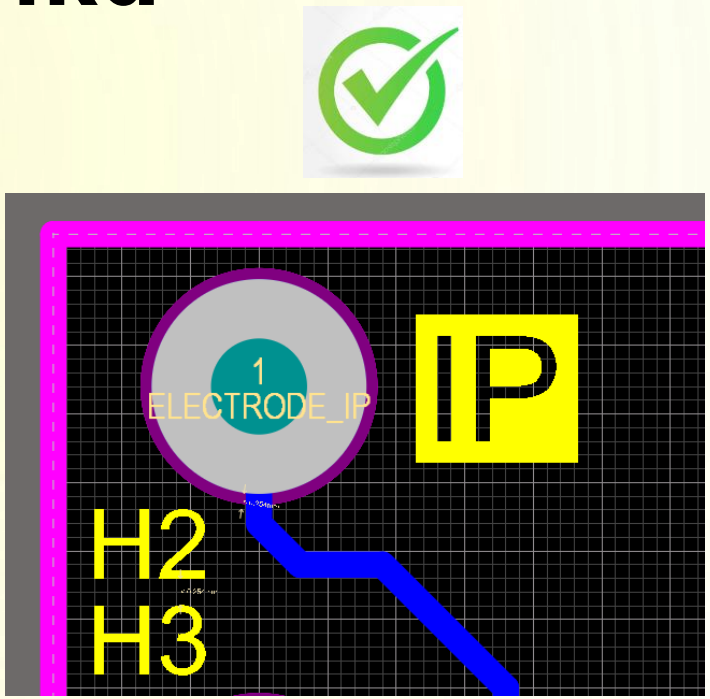
Przelotka



- Nie są przeznaczone do procesu lutowania;
- Mają małą średnicę typ: 0,2mm;
- Pad przelotki mają zawsze kształt okręgu;
- Mogą być ślepe lub zagrzebane
- Zapewnia połączenia elektryczne
- Pozwala na duże upakowanie elementów i ścieżek na płytce

PTH vs Przelotka

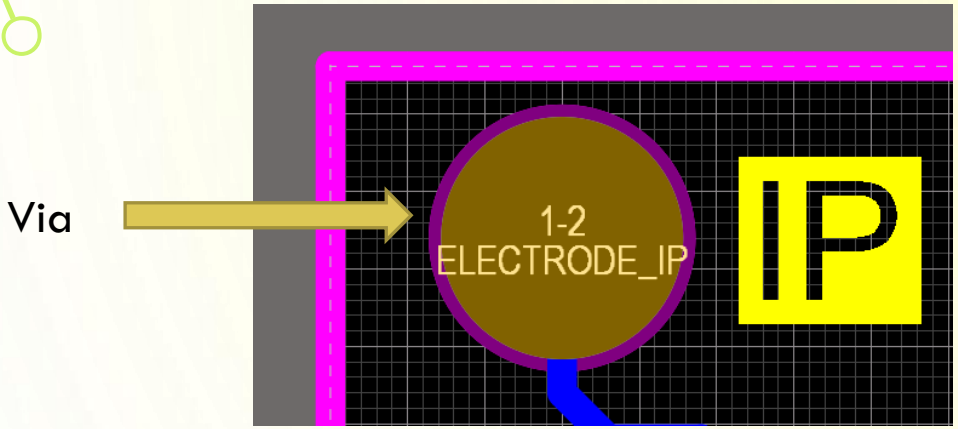


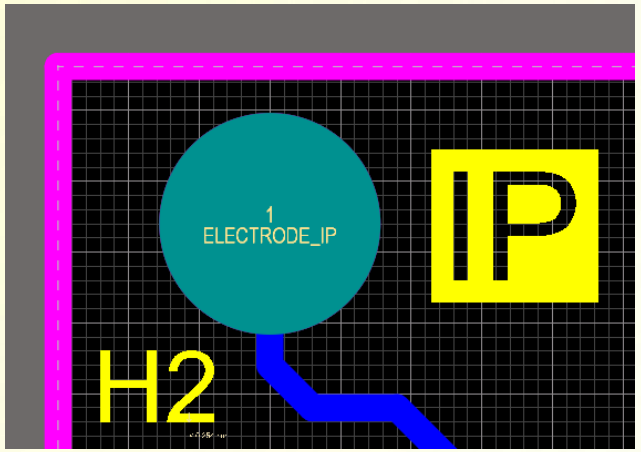


PTH, oraz przelotki służą do łączenia sygnałów występujący na różnych warstwach płytki. Pozwala „przenieść” sygnał na inną warstwę PCB.

Ograniczając liczbę otworów (PTH i przelotek) zapewniamy większą niezawodność płytki, uproszczamy produkcję oraz optymalizujemy layout PCB. Z tego powodu powinniśmy unikać umieszczania dodatkowych przelotek.

NPTH vs Przelotka





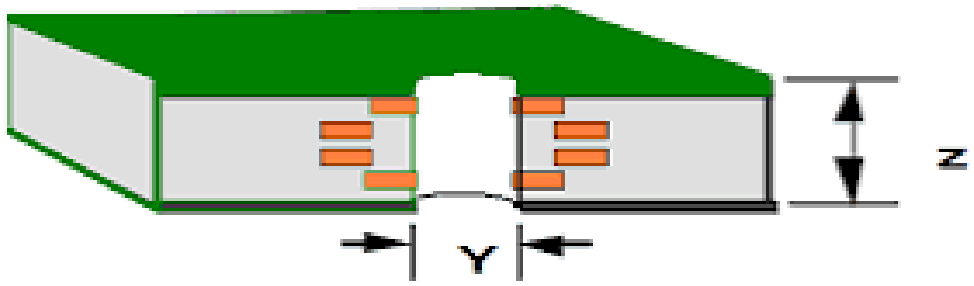
Częstym błędem jaki popełniają początkujący elektronicy to wykonywanie otworów NPTH oraz PTH przy pomocy przelotek

Parametry produkcyjne

Aspect Ratio – jest to stosunek grubości płytki Z do najmniejszej średnicy otworu w płytce Y. Standardowa wartość oferowana przez producentów PCB to AR = 6 - 10. Producenci posiadający zawansowany park maszynowy oferują AR = 16 i więcej

Oznacza to że jeśli mamy np.: minimalny otwór 0,2mm to maksymalna grubość płytki może być 1,2mm (dla AR = 6) lub 2mm (dla AR = 10).
Jest to istotny parametr przy wyborze producenta PCB dla zawansowanych płytek wielowarstwowych (grubsza PCB) i gęstego upakowania (małe średnice otworów). Np.: dla otworu 0,1mm i AR = 10 maksymalna grubość płytki wynosi 1mm !!

$$AR = \frac{Grubość\ płytki}{Minimalna\ średnica\ wiercenia}$$

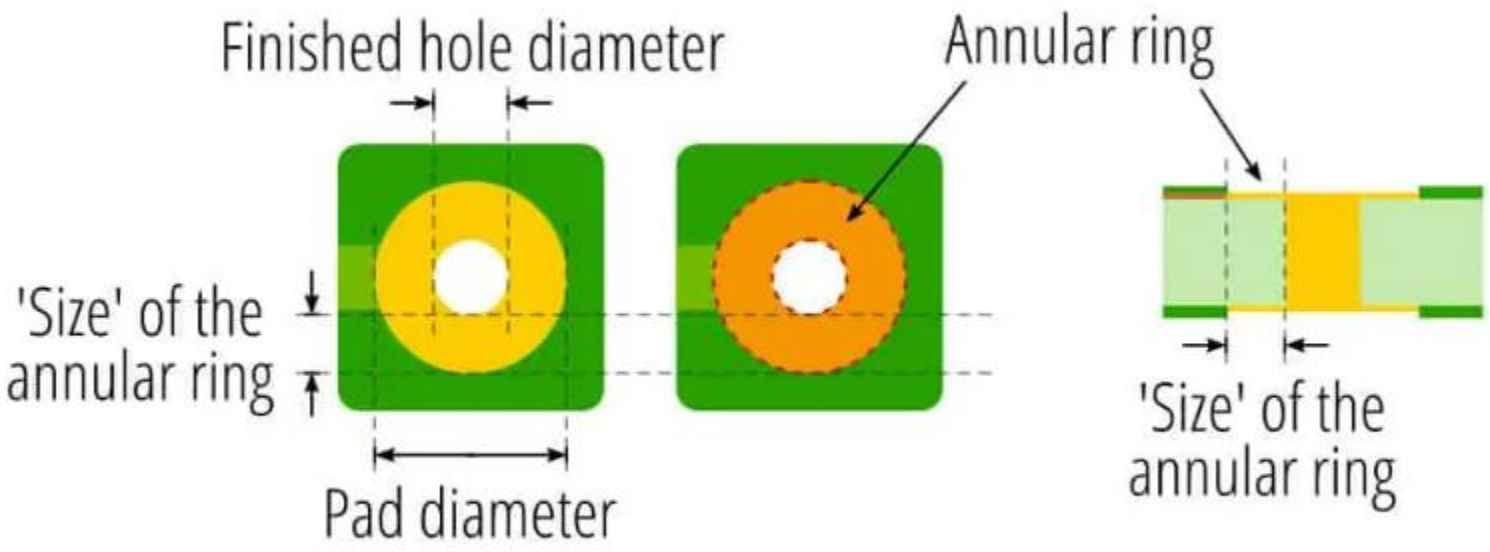


Parametry produkcyjne

Jak obliczyć średnicę pierścienia przelotki?
Np.: producent oferuje **Annular Ring** = 0,15mm dla grubości miedzi 1oz. W projekcie mamy przelotki o średnicy otworu 0,25mm

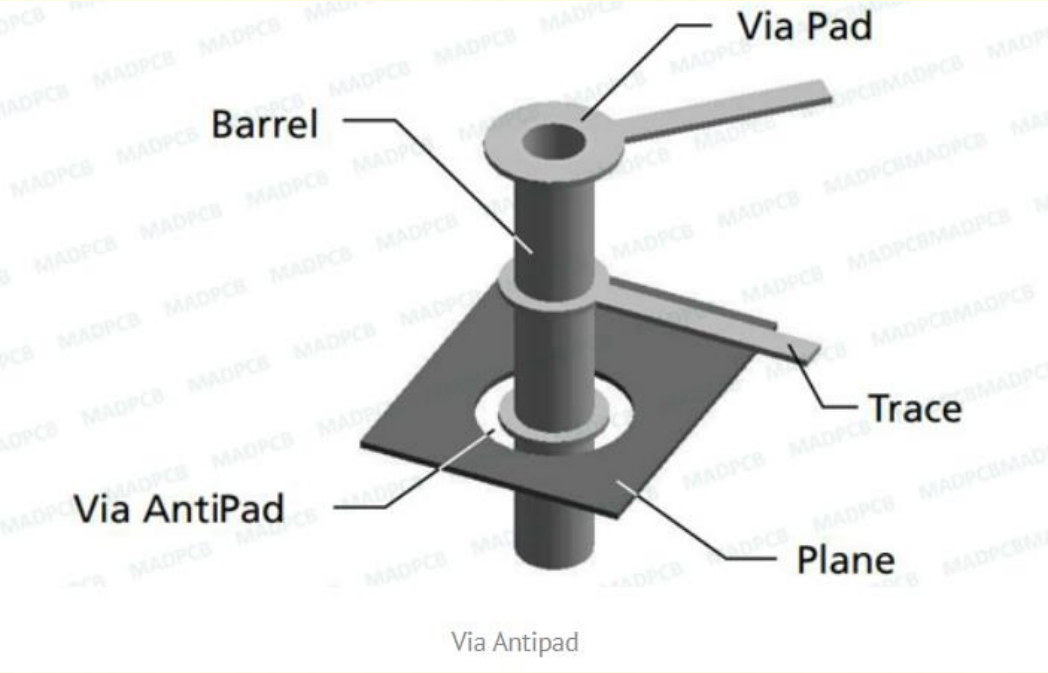
Średnica pierścienia przelotki = 2xAR + 0,1mm (tolerancja wykonania) + średnica przelotki

Średnica pierścienia przelotki = 2x0,15mm + 0,1mm + 0,25mm = 0,65mm



Zródło: Eurocircuits

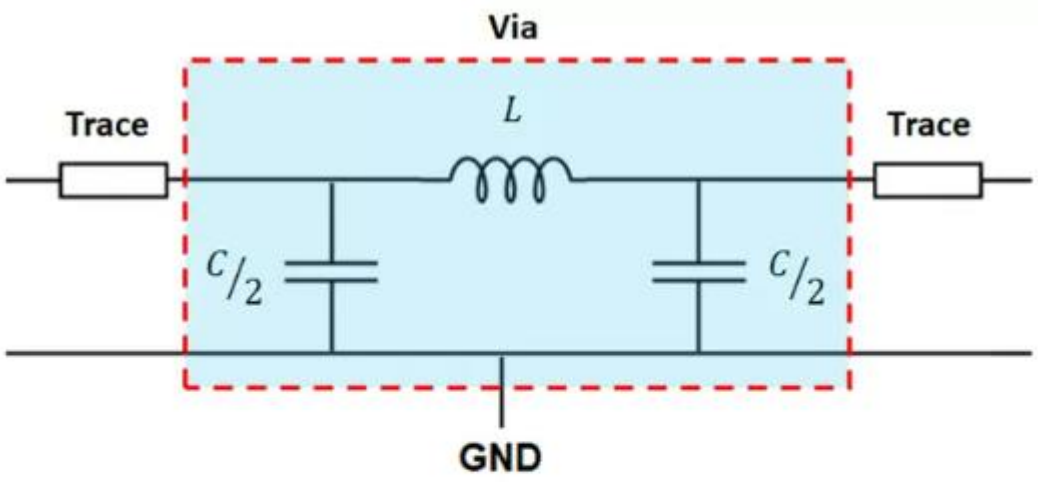
Via Anti-Pad



Via Antipad

Warstwy nie połączone do Via muszą mieć zapewniony odpowiedni dystans od sygnału. Odstęp ten nazywany jest Anti-Pad.
Wielkość Anti-Padu ma wpływ na pojemność pasożytniczą przelotki do masy/zasilania.
Należy wziąć pod uwagę Anti-Pad w obliczeniach signal integrity oraz kontroli impedancji ścieżki.

Via Anti-Pad

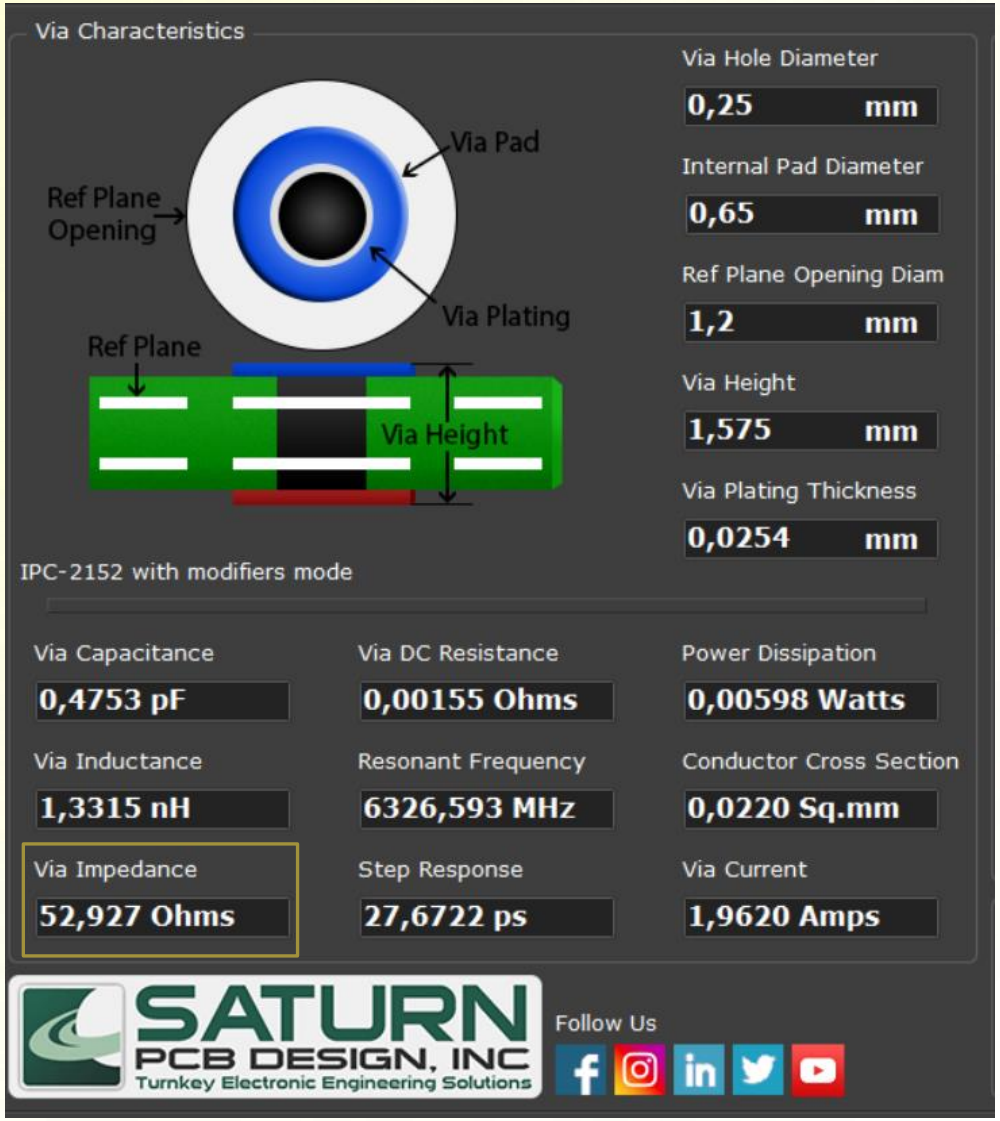


D_1 = pad diameter
D_2 = antipad diameter
l = via length
d = via barrel diameter
(all in inches)

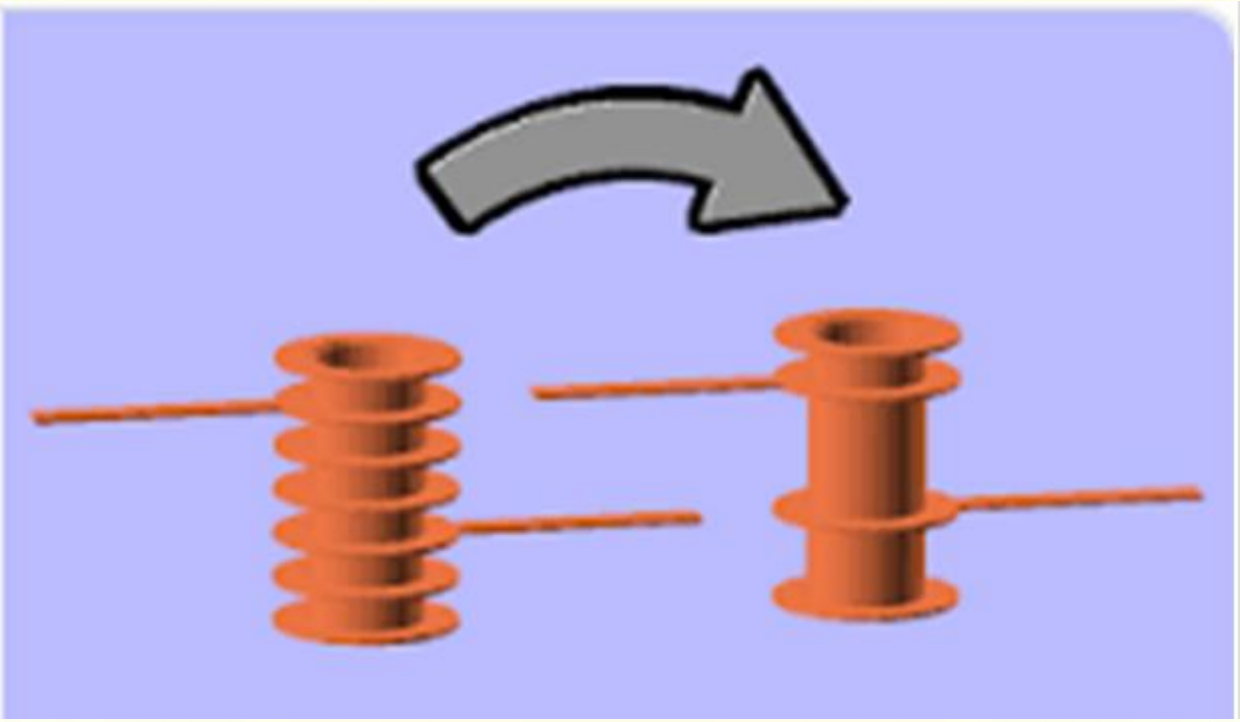
$$L_{via} \approx 5.08l\left(\ln\left(\frac{4l}{d}\right)+1\right) \quad \text{(nH)}$$

$$C_{via} \approx \varepsilon_R\sqrt{2}\left(\frac{D_1 l}{D_2 - D_1}\right) \quad \text{(pF)}$$

Uproszczony model przelotki i anti-padu



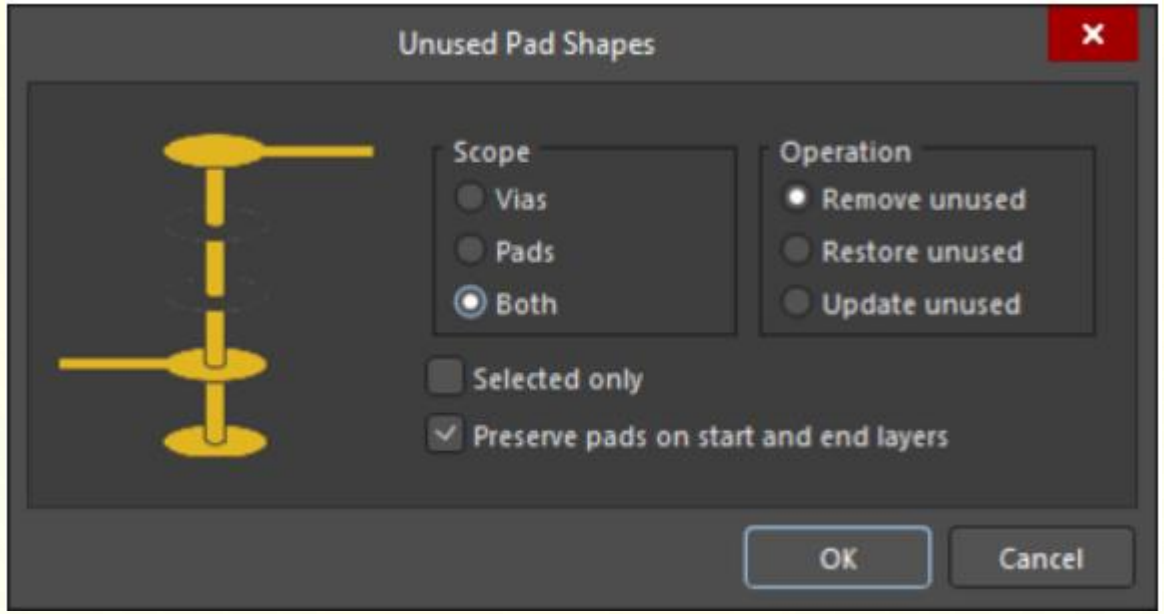
Via – nieużywane pady



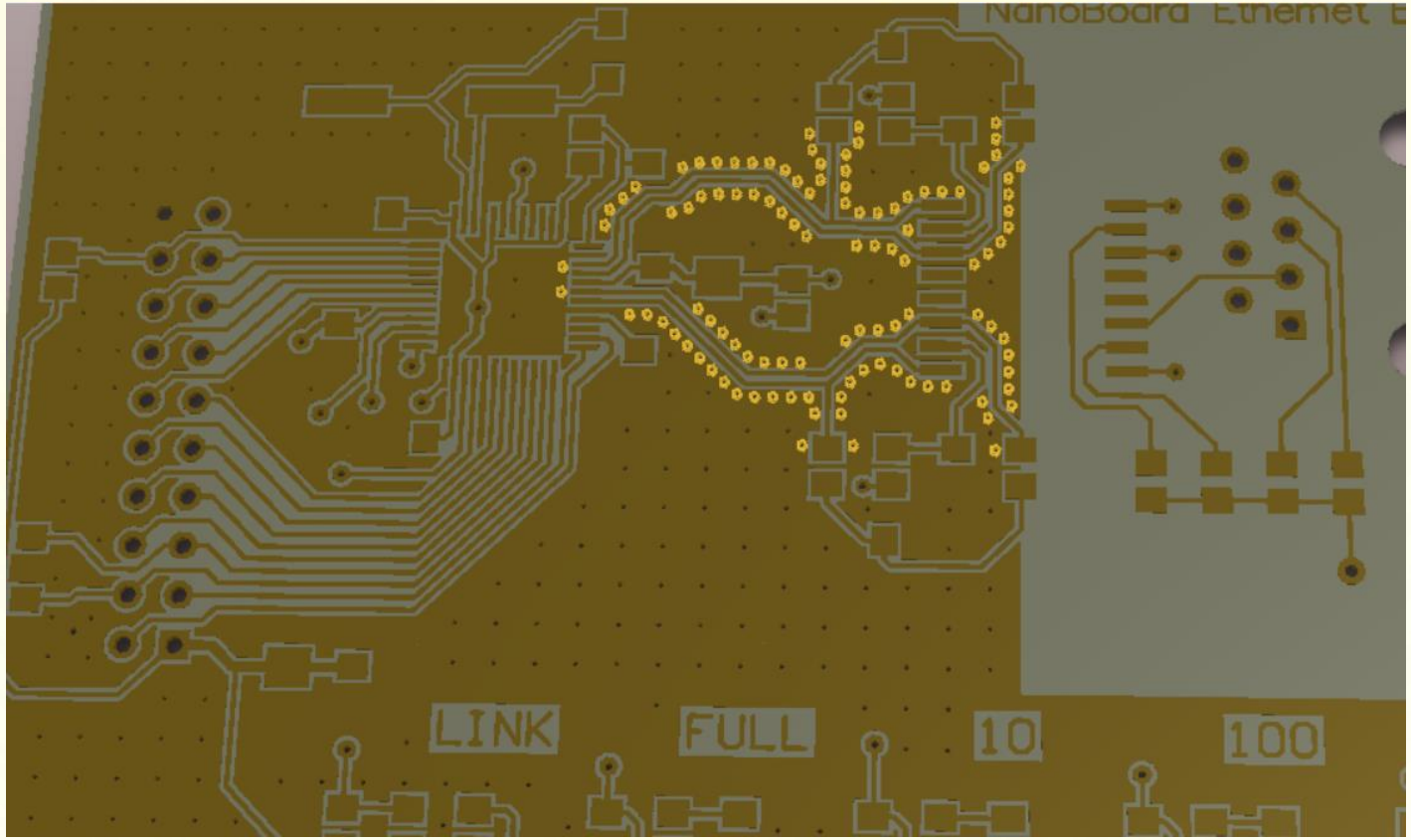
Zazwyczaj nieużywane pady w przelotkach są nieszkodliwe ale w przypadku szybkich sygnałów, a zwłaszcza na płytach z dużym upakowaniem sygnałów mają wpływ na dopasowanie impedancyjne i signal integrity.
Wprowadzają dodatkowe pojemności, które wraz z indukcyjnością via tworzą obwody rezonansowe
Uwaga czasami jesteśmy ograniczeni technologicznie – nie wszyscy producenci PCB pozwalają na usuwanie nieużywanych padów

Via – nieużywane pady

Altium Designer: Tools >> Remove Unused Pad Shapes

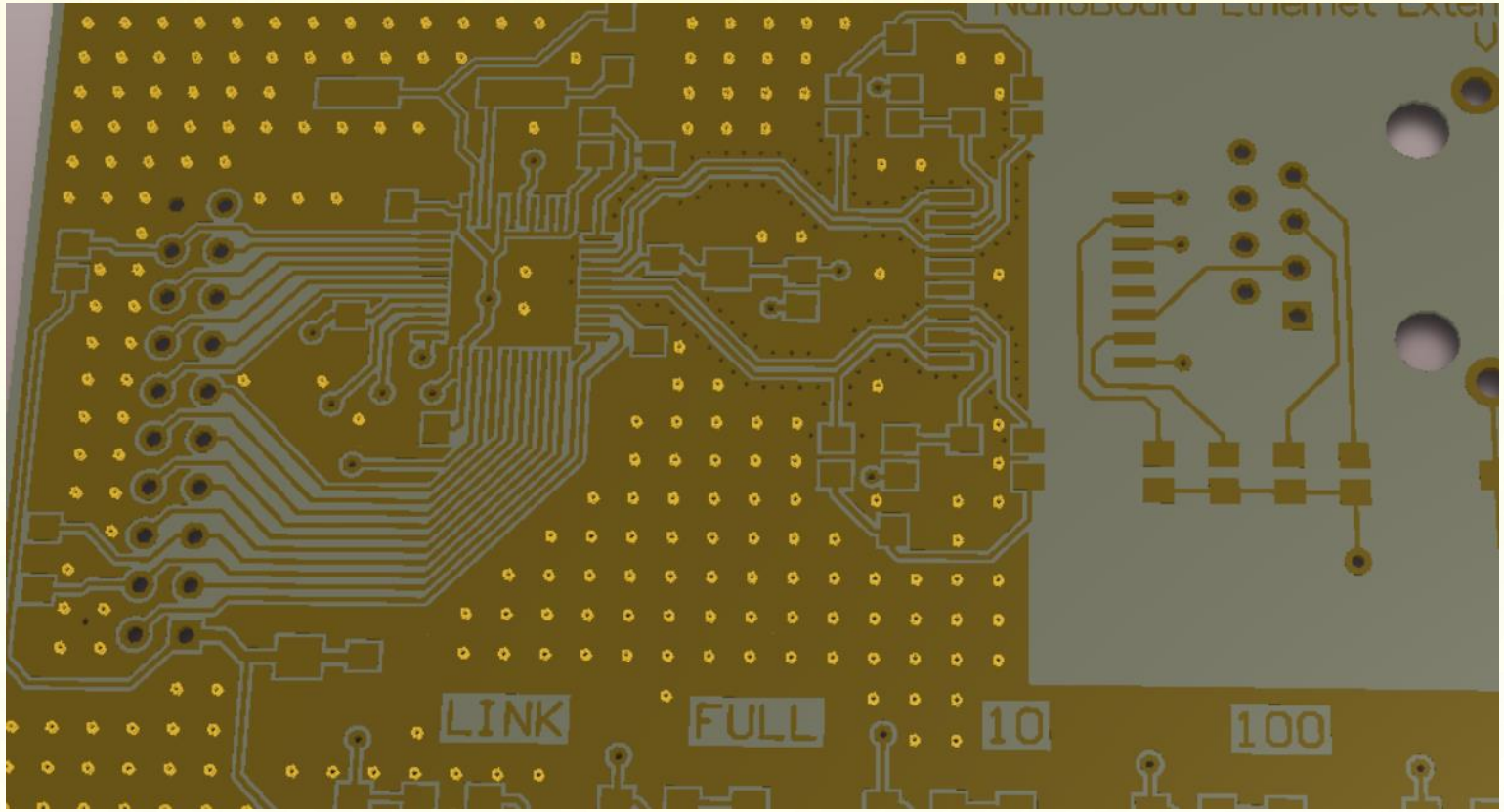


Via shielding



Ekranowanie przelotkami ma za zadanie ograniczenie przesłuchów i zakłóceń od innych sygnałów występujących na płytce.
Polega na umieszczeniu jednego lub dwóch rzędów przelotek wzdłuż trasy sygnału wrażliwego na zakłócenia. Można tą technikę również stosować dla sygnałów generujących zakłócenia by „ochronić” pozostałą część PCB prze zakłóceniami.

Via stitching



„Zszywanie” przelotkami polega na równomiernym rozmieszczeniu rzędów przelotek. Duża liczba przelotek łączy sygnały/płaszczyzny GND na różnych warstwach.

Via stitching

- **Ekwipotencjalność „masy”**

Zapewnia jednolity stały potencjał oraz możliwie krótką drogę powrotną dla sygnałów

- **Zarządzanie ciepłem**

Pozwala na lepsze rozprowadzenia ciepła przez elementy „gorące”. Zwiększana jest pojemność cieplna.

- **Ogranicza przesłuchy**

Via stitching zmniejsza sprzężenie pojemnościowe pomiędzy ścieżkami

- **Ogranicza EMI**

Zmniejsza zakłócenia emitowane przez sygnały w.cz.
Sugerowaną praktyką jest by odległość pomiędzy przelotkami była ok. 1/20 długości fali sygnału o najwyższej częstotliwości.

- **Równoważenie miedzi**

Istotna funkcjonalność podczas montażu. Zapewnia równomierny rozkład temperatury na płytce, co zmniejsza ryzyko delaminacji PCB.

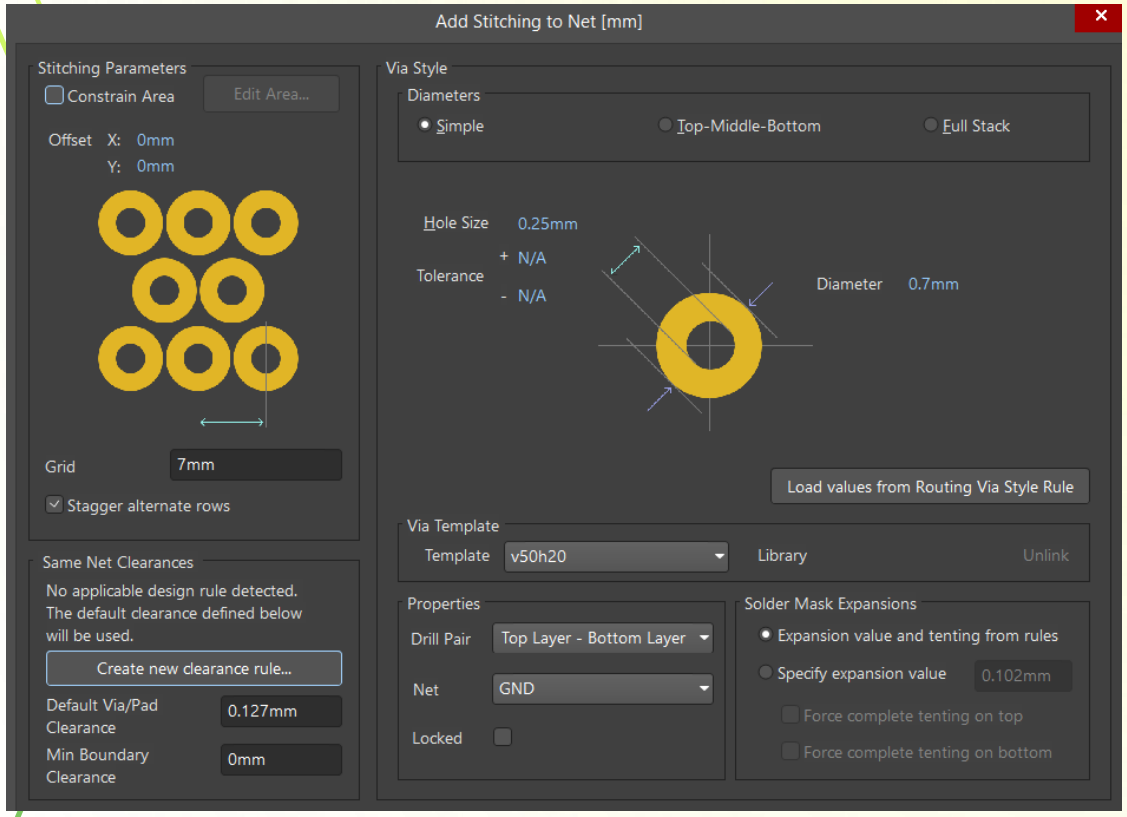
Via stitching

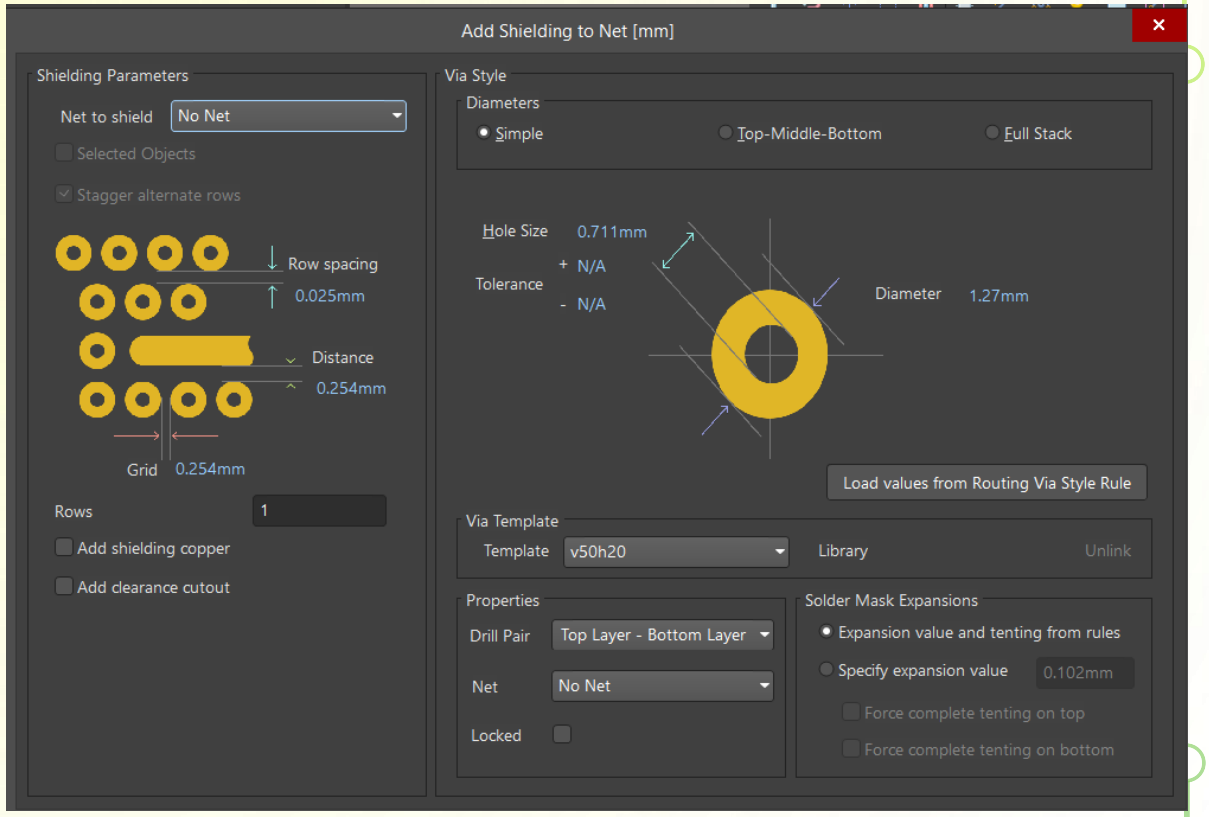
$$d \leq \frac{0.6 \cdot c}{20 \cdot f}$$

Table 5 **Vias stitching distance**

Maximum frequency [GHz]	Two vias maximum distance [mm]
0.5	18.0
1.0	9.0
1.5	6.0
2.0	4.5
2.5	3.6
3.0	3.0

Via stitching/shielding





Altium Designer: Tools >> Via Stitching/Shielding >> Add Stitching to Net

Altium Designer: Tools >> Via Stitching/Shielding >> Add Shielding to Net

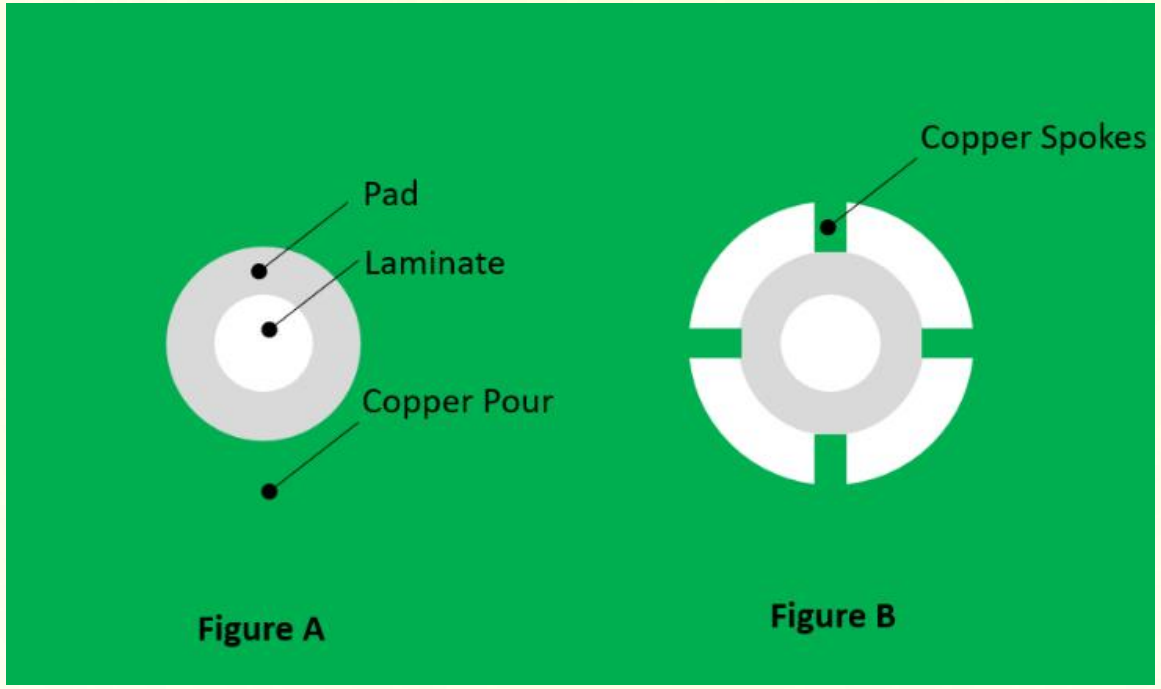
Łezki (ang. Teardrops)

Służą do zmniejszania naprężeni mechanicznych pomiędzy padem a ścieżką.
Mocno rekomendowane dla laminatów elastycznych

Zmniejsza ryzyko mikropęknięć jakie mogą się pojawić w przypadku używania cienkich ścieżek

Błędnie uważa się że są poprawiają dopasowanie impedancyjne ścieżki – wręcz przeciwnie zwiększają powierzchnię padu (jego pojemność).

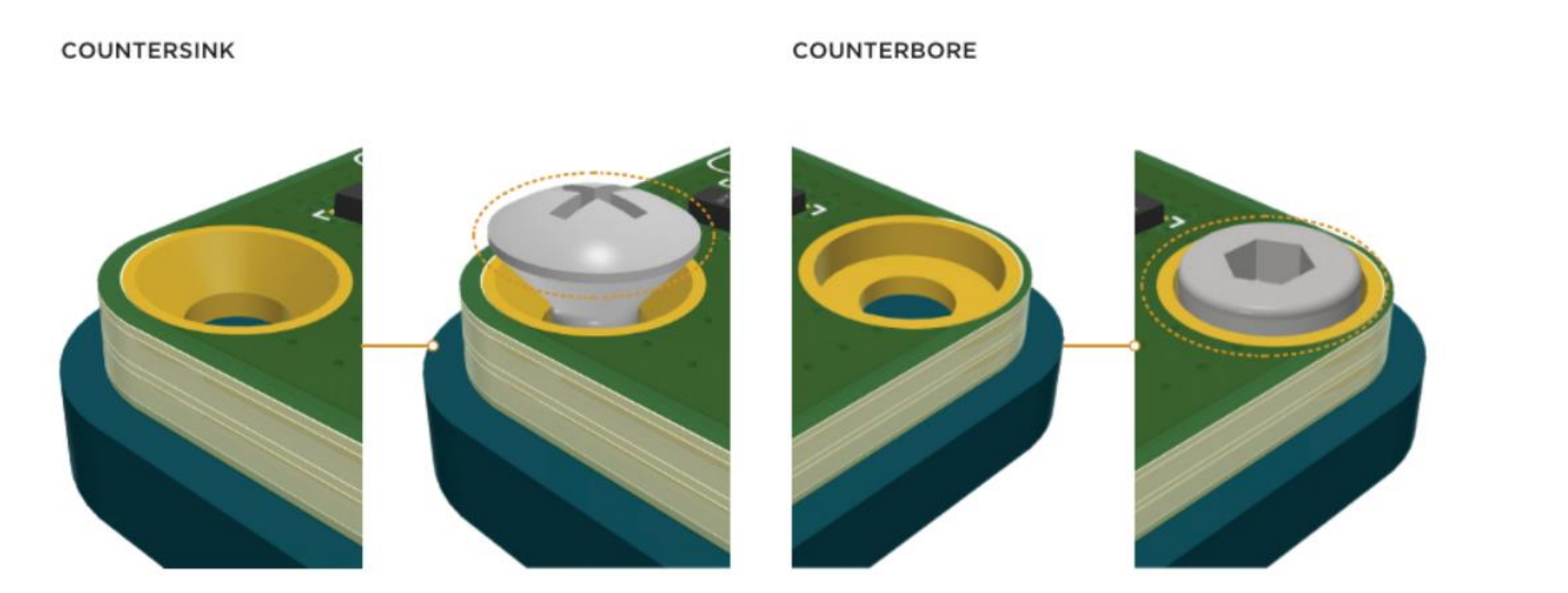
Thermal Relief



Thermal Relief to technika połączenia padu z płaszczyzną miedzi (głównie GND).
Zapewnia prawidłowy rozkład temperatury podczas procesu lutowania. Znacząco zmniejsza efekt nagrobkowy oraz inne problemy montażowe.

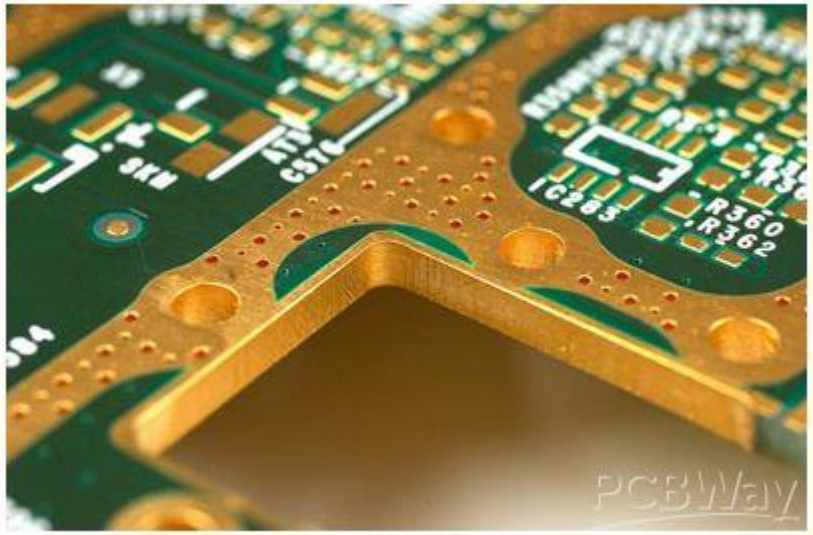
Figure A połączenie bezpośrednie, tzn. pad całą płaszczyzną połączony jest z GND/PWR.
Rekomendowane połączeń dla przelotek
Figure B połączenie Thermal Relief, polega na połączeniu padu z GND lub PWR poprzez „wąsy”

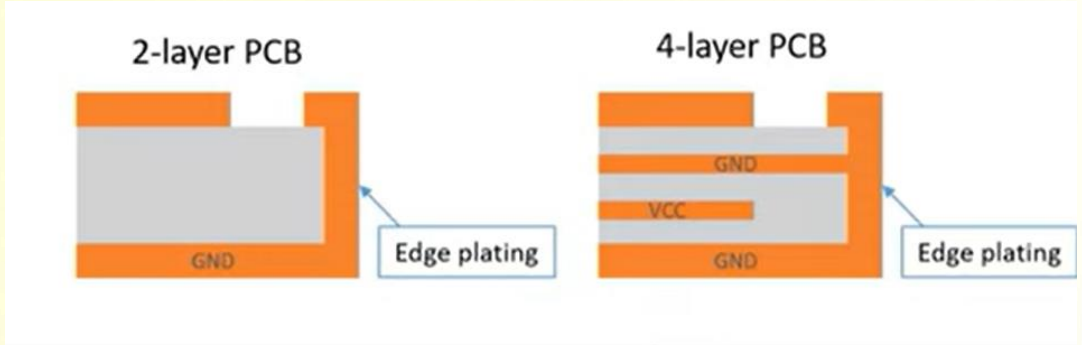
Otwory stopniowane/fazowanze

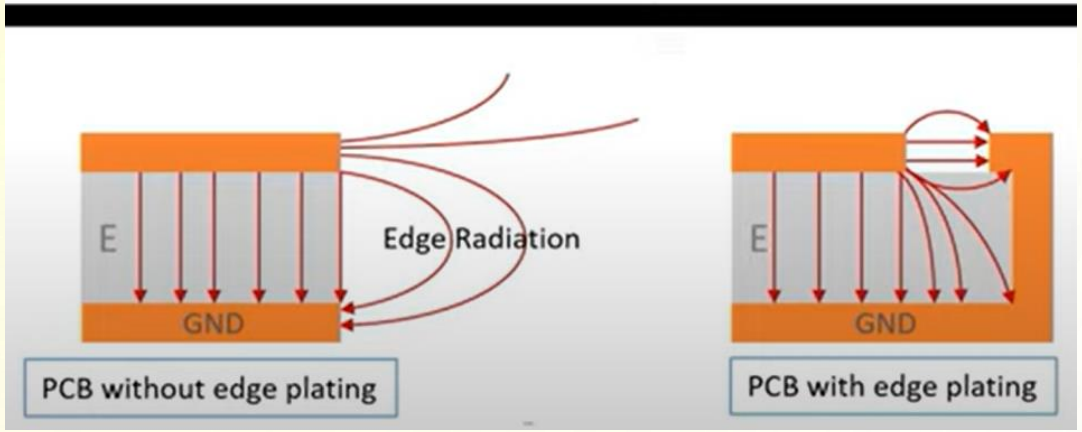


Otwory z fazowaniem (countersink) i otworów stopniowych (counterbore) można używać w projektach gdzie chcemy schować łepek śruby.
Altium Designer od wersji 22 umożliwia projektowanie takich otworów

Metalizowanie krawędzi







Metalizowanie krawędzi PCB (ang. Edge plating) pozwala blokować emisję promieniowania z krawędzi płytki PCB. Pokrycie również chroni płytkę przed zewnętrznym źródłem zakłóceń. Pomaga zapewnić zgodność EMC.
Należy upewnić się że wybrany przez nas producent PCB oferuje metalizowanie krawędzi.

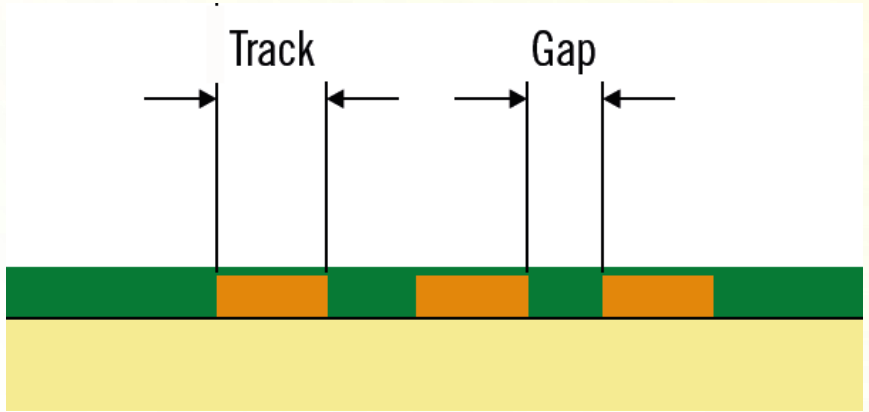
Parametry produkcyjne

Parametr	Standardowe - oferowane przez większość producentów	Optymalnie cenowo rozwiązanie	Zawansowane = droższe, wydłużony czas dostawy
Liczba warstw PCB[1)]	1-12	2-4	>12
Materiał	FR4, ALU, Flex (coraz częściej)	FR4	Flex, Rigid-flex, FR408, ceramiczne
Minimalny wymiar PCB	5x5mm	5x5mm (w panelu)	
Maksymalny wymiar PCB	50x100cm	Poniżej 50x50cm	Powyżej 50x100cm
Grubość PCB (w przybliżeniu)	0.2-2.4mm	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4mm	Inne niż optymalna grubość

1) Liczbę warstw jest zależna od liczby sygnałów i użytych układów

Parametry produkcyjne

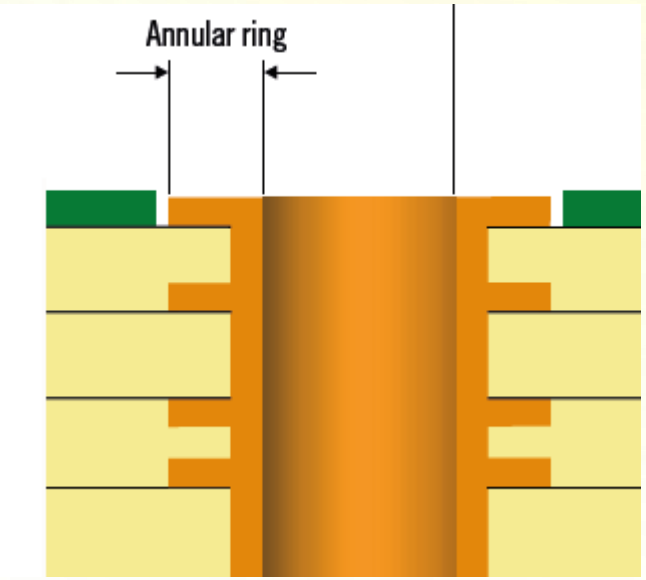
Parametr	Standardowe - oferowane przez większość producentów	Optymalnie cenowo rozwiązanie	Zawansowane = droższe, wydłużony czas dostawy
Min. odległość pomiędzy ścieżkami (Gap) [2)]	0,1mm/4mil	0,2mm/8mil	< 0,1mm/4mil
Min. szerokość ścieżki [2)]	0,1mm/4mil	0,15mm/6mil	< 0,1mm/4mil
Grubość miedzi na warstwach zewnętrznych	1oz/2oz/3oz (35µm/70µm/105µm)	1oz/2oz/3oz (35µm/70µm/105µm)	Powyżej 3oz (105µm)
Grubość miedzi na warstwach wewnętrznych	0,5oz/1oz/1,5oz (18µm/35µm/50µm)	0,5oz/1oz (18µm/35µm)	Powyżej 1,5oz (50µm)



2) Zależne od grubości miedzi

Parametry produkcyjne

Parametr	Standardowe - oferowane przez większość producentów	Optymalnie cenowo rozwiązanie	Zawansowane = droższe, wydłużony czas dostawy
Wiercenie, otworowanie wykonane przez CNC	0,15 – 6,2mm	0,25/0,30mm	<0,2mm
Min. pierścień (Annular Ring) [2)]	0,15mm	0,2mm	<0,15mm
Typ przelotek	PTH, Via typu VII	PTH	Via typu VII, zagrzebane, ślepe, uVia

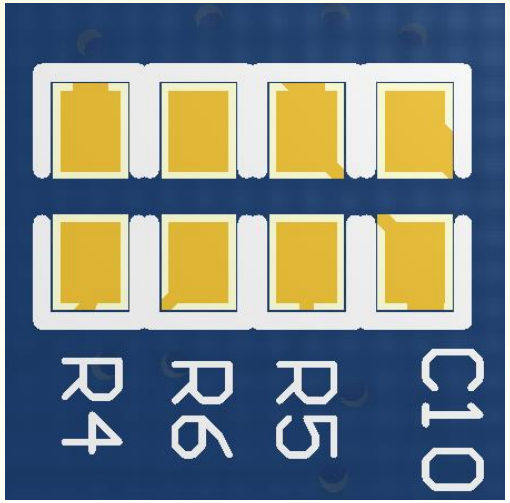


2) Zależne od grubości miedzi

Parametry produkcyjne

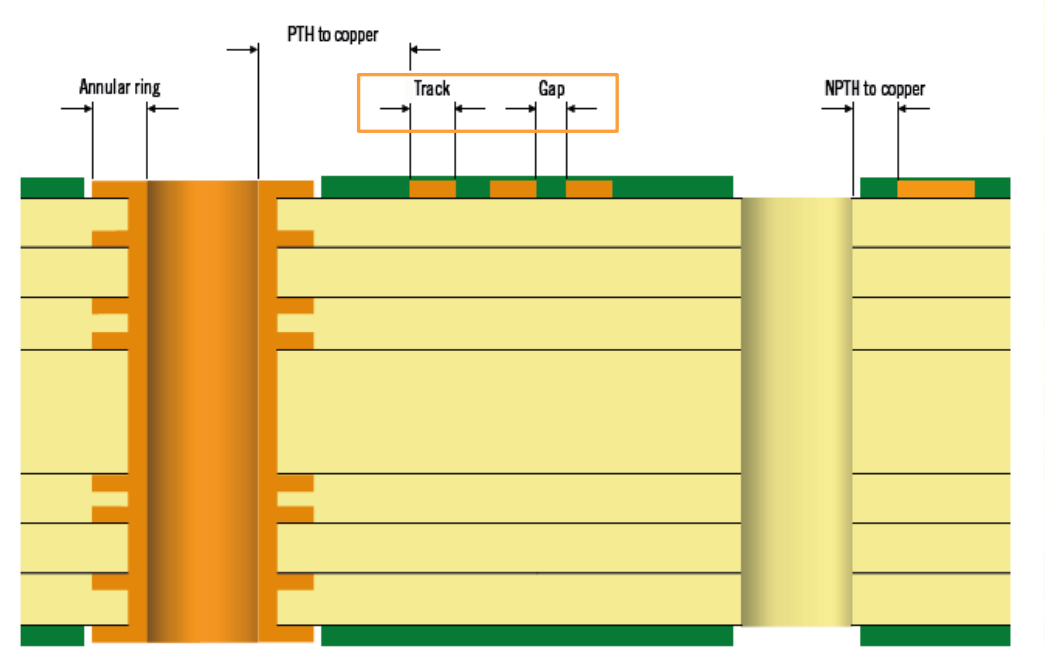
Parametr	Standardowe - oferowane przez większość producentów	Optymalnie cenowo rozwiązanie	Zawansowane = droższe, wydłużony czas dostawy
Soldermaska	Zielona, czerwona, niebieska, czarna, biała	Zielona	Inna niż zielona
Pokrycie	HAL, HASL, ENIG	HASL lub ENIG [3)]	Srebrzenie immersyjne, cynowanie immersyjne, ENEPIG
Warstwa opisowa	Biała, czarna	Biała, czarna	Inna niż biała/czarna

3) Wymagane w przypadku BGA i innych układów z drobnym rastrem



Parametry produkcyjne

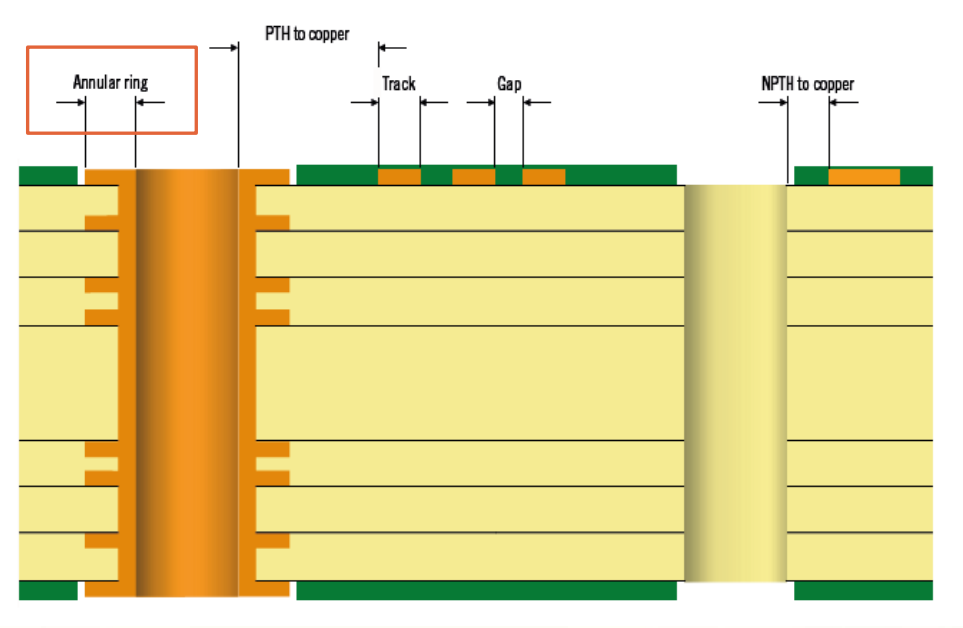
	GENERAL		MODERATE		ADVANCED	
TRACK&GAP (mm)	IL	OL	IL	OL	IL	OL
1/3 oz					0.075 / 0.075	0.075 / 0.075
1/2 oz	0.150 / 0.200	0.150 / 0.200	0.100 / 0.150	0.125 / 0.150	0.075 / 0.075	0.075 / 0.100
1 oz	0.150 / 0.200	0.200 / 0.250	0.125 / 0.150	0.150 / 0.175	0.100 / 0.100	0.125 / 0.150
2 oz	0.200 / 0.250	0.250 / 0.300	0.175 / 0.225	0.200 / 0.250	0.150 / 0.175	0.175 / 0.225
3 oz	0.250 / 0.300	0.300 / 0.350	0.225 / 0.275	0.250 / 0.300	0.200 / 0.250	0.225 / 0.275



Źródło: NCAB

Parametry produkcyjne

	GENERAL		MODERATE		ADVANCED	
	IL	OL	IL	OL	IL	OL
ANNULAR RING OF VIAS (ACCEPT 90°BROKEN PER IPC CLASS 2) (mm)						
1/3 oz					0.100	0.100
1/2 oz	0.200	0.200	0.150	0.150	0.100	0.125
1 oz	0.200	0.200	0.150	0.175	0.125	0.150
2 oz	0.250	0.300	0.225	0.250	0.175	0.200
3 oz	0.300	0.400	0.275	0.350	0.225	0.250

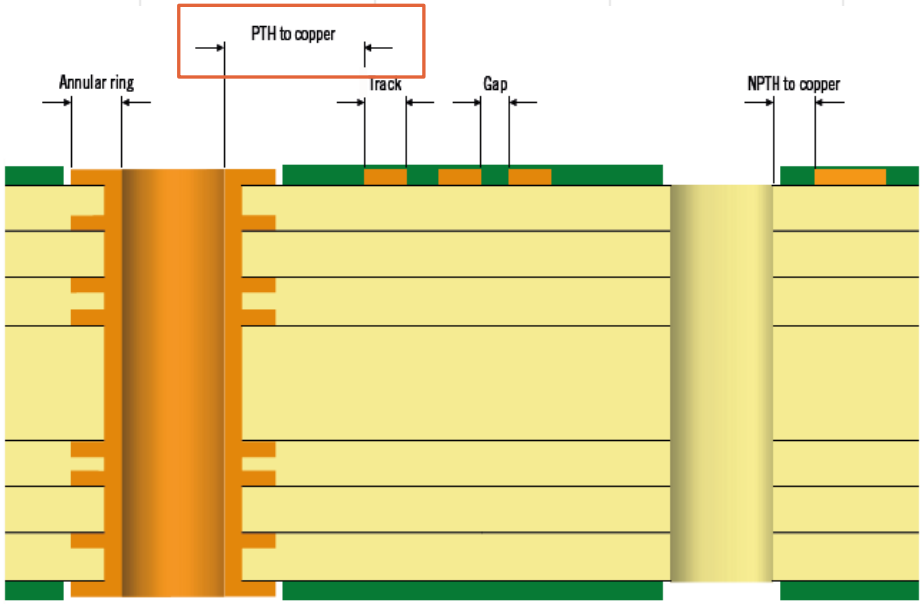


Źródło: NCAB

Parametry produkcyjne

	GENERAL		MODERATE		ADVANCED	
	IL	OL	IL	OL	IL	OL
PTH TO COPPER (mm)						
1/3 oz					0.175	0.200
1/2 oz	0.350	0.400	0.250	0.300	0.200	0.225
1 oz	0.350	0.450	0.250	0.350	0.225	0.300
2 oz	0.450	0.600	0.300	0.500	0.250	0.425
3 oz	0.550	0.750	0.400	0.650	0.300	0.525

PTH – otwory metalizowane;
NPTH – otwory niemetalizowane;

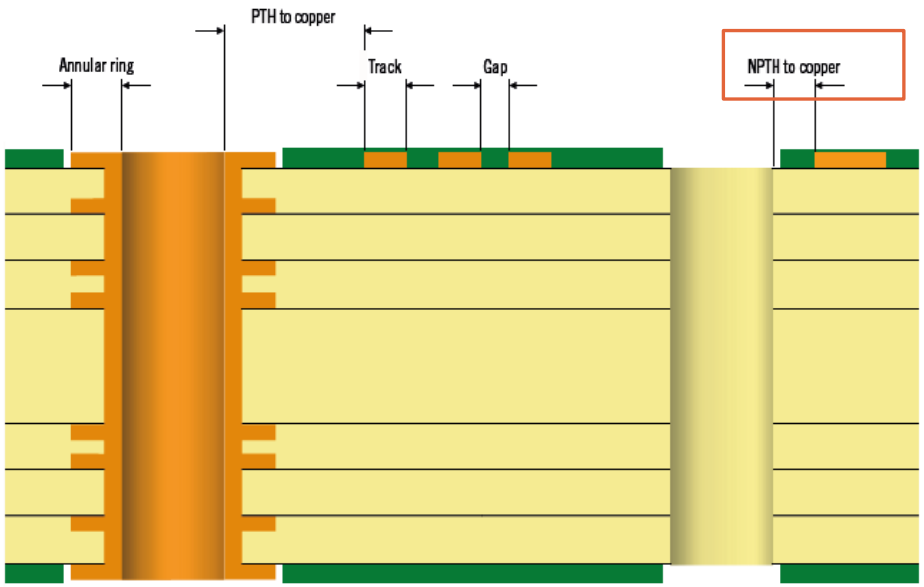


Źródło: NCAB

Parametry produkcyjne

	GENERAL		MODERATE		ADVANCED	
	IL	OL	IL	OL	IL	OL
NPTH TO COPPER (mm)						
1/3 oz					0.200	0.200
1/2 oz	0.300	0.300	0.250	0.250	0.200	0.200
1 oz	0.300	0.300	0.250	0.250	0.200	0.225
2 oz	0.400	0.400	0.300	0.300	0.225	0.250
3 oz	0.400	0.400	0.300	0.300	0.250	0.275

PTH – otwory metalizowane;
NPTH – otwory niemetalizowane;



Źródło: NCAB